

半导体封装设备行业深度：  
后摩尔时代封装技术快速发展  
封装设备迎国产化机遇

证券分析师：周尔双

执业证书编号：S0600515110002

联系邮箱：[zhoues@dwzq.com.cn](mailto:zhoues@dwzq.com.cn)

研究助理：李文意

执业证书编号：S0600122080043

联系邮箱：[liwenyi@dwzq.com.cn](mailto:liwenyi@dwzq.com.cn)

2024年4月15日

- **后摩尔时代渐进，先进封装快速发展。**随着先进制程工艺逐渐逼近物理极限，越来越多厂商的研发方向由“如何把芯片变得更小”转变为“如何把芯片封得更小”，先进封装快速发展。先进与传统封装最大区别在于芯片与外部电连接方式，先进封装省略引线，采取传输速度更快的凸块、中间层等，主要包括凸块（Bump）、倒装（Flip Chip）、晶圆级封装（Wafer level package）、再分布层技术（RDL）和硅通孔（TSV）技术等。
- **我国封测产业链较为成熟，但封装设备国产化率较低。**2022年全球委外封测（OSAT）厂商前十大合计占比约78%，基本被中国台湾和中国大陆厂商包揽，中国台湾日月光、安靠等合计占比约41%，中国大陆长电科技、通富微电占等合计占比约25%；但国内缺乏知名封装设备商，封装设备国产化率不超过5%，主要系产业政策向制程设备等有所倾斜，我们认为未来自主可控背景叠加国产设备商突破，封装设备的国产化率有望进一步提升。
- **传统&先进封装所需设备有一定重合但工艺要求有所变化，设备增量主要在于前道图形化设备。**（1）传统后道设备：①**减薄机**：可分为转台式磨削和硅片旋转磨削两种方式，先进的多层封装芯片厚度都在100 $\mu$ m以下甚至30 $\mu$ m以下，增大减薄难度；②**划片机**：目前以砂轮划片机为主导，激光划片机补充，激光切在超薄硅晶圆、低k介质晶圆、小尺寸及MEMS芯片方面凸显出重要优势；③**固晶机**：对设备的效率和精度要求提高，关键在于视觉对位系统、运动控制等；④**键合机**：过去传统多为引线键合，但晶圆级封装技术快速发展，如临时键合&解键合是处理超薄晶圆背面制程工艺的关键支撑，混合键合仅通过铜触点实现短距离电气互连；⑤**塑封机**：转注封装多用于传统封装，先进封装背景下压塑封装为未来趋势；⑥**电镀机**：传统封装中电镀机主要在封装体的特定部位上沉积金属层，随着先进封装发展，例如凸块、RDL、TSV等均需要电镀金属铜进行沉积。（2）**新增前道图形化设备**：先进封装与传统封装工艺流程最大的区别在于增加了前道图形化的工序，主要包括PVD或CVD等薄膜沉积设备、涂胶显影设备、光刻机、刻蚀机、电镀机等，如TSV需要硅刻蚀钻孔、需要PVD来制作种子铜层，凸块也需要涂胶显影、光刻、刻蚀来制作更精细的间距。
- **他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴。**（1）**减薄机&划片机**：龙头为日本DISCO、东京精密等，二者合计份额在70-90%左右，其中DISCO为切磨抛设备+刀轮、磨轮耗材龙头，国内布局减薄机的主要有华海清科、迈为股份、晶盛机电等，划片机主要有迈为股份、光力科技、大族激光、德龙激光等；（2）**固晶机**：Besi和ASM占据全球前两位，CR2在60%左右，国内主要为新益昌、快克智能等；（3）**键合机**：海外K&S（库力索法）、ASM为半导体引线键合机龙头，CR2约80%，国内主要为奥特维等，晶圆键合机龙头为奥地利EVG、德国SUSS等，CR2约70%，国内主要为拓荆科技、芯源微等。
- **投资建议**：重点推荐晶盛机电（减薄机）、拓荆科技（键合机）、盛美上海（电镀机）、迈为股份（切磨抛+键合机）、华海清科（研磨机）、奥特维（键合机）、大族激光（划片机）、芯源微（键合机）、德龙激光（划片机）；建议关注新益昌（固晶机）、光力科技（划片机）、快克智能（固晶机）、文一科技（塑封机）、耐科装备（塑封机）等。
- **风险提示**：封装设备需求不及预期、封装设备技术研发不及预期、行业竞争加剧。



1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

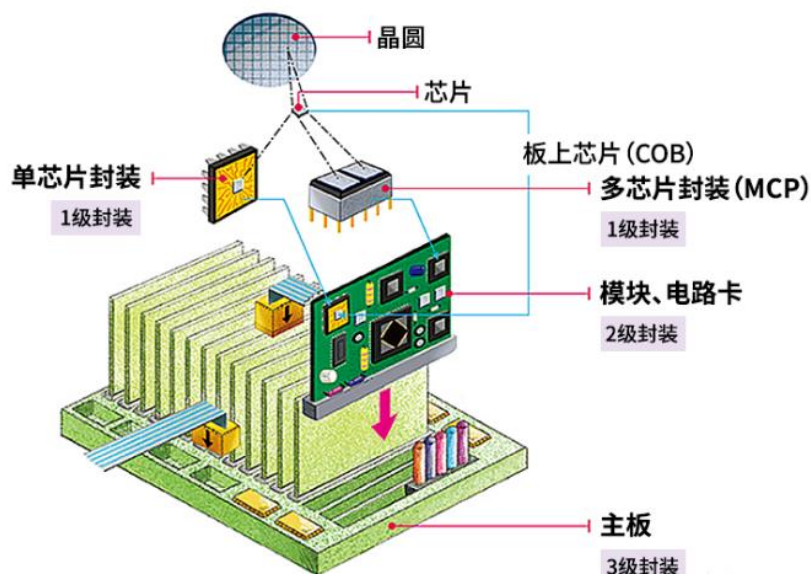
6 风险提示

---

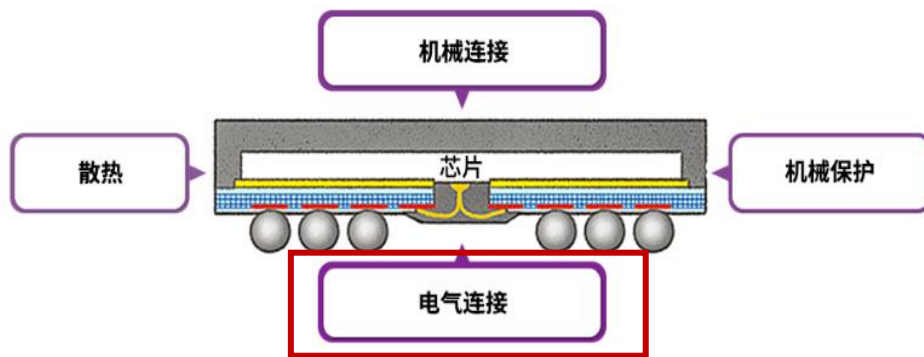
# 1.1. 半导体封装的关键作用是实现芯片和外部系统的电连接

- **封装的核心是实现芯片和系统的电连接。** 芯片封装是指将芯片密封在塑料、金属或陶瓷等材料制成的封装体内，使芯片与外部环境之间建立一道屏障，保护芯片免受外部环境影响，同时封装还提供了一个接口，使芯片能够与其他电子元件进行连接，以实现信息的输入输出。封装经历硅片减薄、硅片切割、芯片贴装、芯片互连、成型、去飞边毛刺、切筋打弯、上焊锡、打码等多道工艺流程。**主要功能包括保护芯片、增强热稳定性、提供机械支撑、确保电气连接等。**
- **封装工艺可分为0级到3级封装等四个不同等级，一般主要涉及晶圆切割和芯片级封装。** 0级封装为晶圆（Wafer）切割，1级封装为芯片（Die）级封装，2级封装负责将芯片安装到模块或电路卡上，3级封装将附带芯片和模块的电路卡安装到系统板上。

◆ 图：半导体封装工艺等级



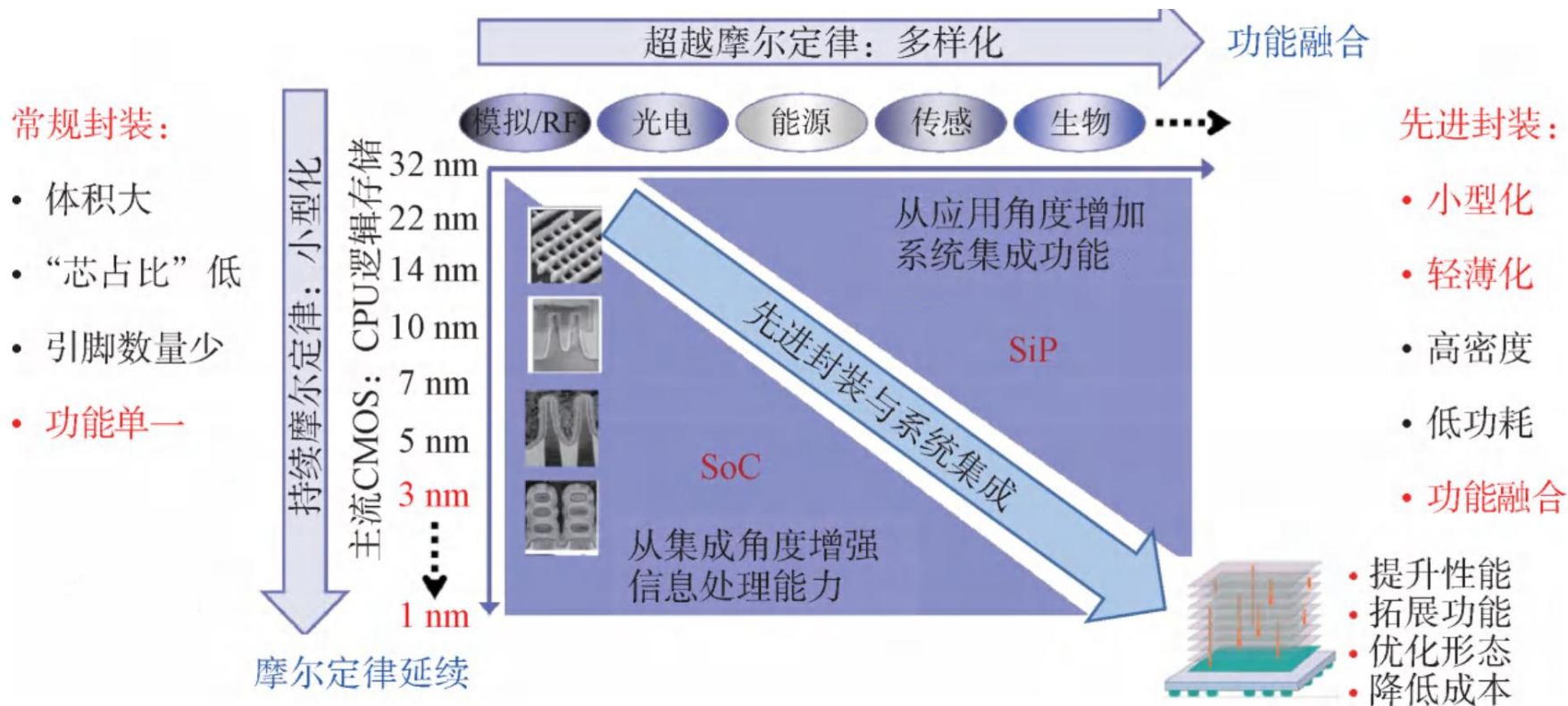
◆ 图：半导体封装的主要作用



## 1.2. 后摩尔时代下封装追求更高的传输速度、更小的芯片尺寸

- 封装逐步朝着高速信号传输、堆叠、小型化、低成本、高可靠性、散热等方向发展。（1）高速信号传输：人工智能、5G等技术在提高芯片速度的同时还需要提升半导体封装技术，从而提高传输速度；（2）堆叠：过去一个封装外壳内仅包含一个芯片，而如今可采用多芯片封装（MCP）和系统级封装（SiP）等技术，在一个封装外壳内堆叠多个芯片；（3）小型化：随着半导体产品逐渐被用于移动甚至可穿戴产品，小型化成为一项重要需求。

◆ 图：集成电路发展路线图



### 1.3. 半导体封装可分为传统封装和先进封装两大类

- 封装技术大致可分为传统封装和先进封装两类，进入后摩尔时代先进封装技术快速发展。传统封装主要是用引线框架承载芯片的封装形式，而先进封装引脚以面阵列引出，承载芯片大都采用高性能多层基板。随着先进制程工艺逐渐逼近物理极限，越来越多厂商的研发方向由“如何把芯片变得更小”转变为“如何把芯片封得更小”，先进封装技术得到快速发展。

◆表：传统封装及先进封装具体的封装形式

分类	阶段	起始时间	封装形式	具体典型的封装形式
传统封装	第一阶段	20世纪70年代以前	通孔插装型封装	晶体管封装（TO）、陶瓷双列直插封装（CDIP）、塑料双列直插封装（PDIP）、单列直插式封装（SIP）等
	第二阶段	20世纪80年代以后	表面贴装型封装	塑料有引线片式载体封装（PLCC）、塑料四片引线扁平封装（PQFP）、小外形表面封装（SOP）
先进封装	第三阶段	20世纪90年代以后	球栅阵列封装（BGA）	塑料焊球阵列封装（PBGA）、陶瓷焊球阵列封装（CBGA）、带散热器焊球阵列封装（EBGA）、倒装芯片焊球阵列封装（FC-BGA）
				晶圆级封装（WLP）
	第四阶段	20世纪末开始	多芯片组封装（MCM）	多层陶瓷基板（MCM-C）、多层薄膜基板（MCM-D）、多层印制板（MCM-L）
				系统级封装（SiP）、芯片上制作凸点（Bumping）
第五阶段	21世纪前10年开始		晶圆级系统封装-硅通孔（TSV）、扇出型集成电路封装（Fan-Out）等	

## 1.4. 传统封装依靠引线实现电连接，可分为通孔插装和表面贴装类

- 传统封装需要依靠引线将晶圆与外界产生电气连接。将晶圆切割为晶粒后，使晶粒贴合到相应的基板架上，再利用引线将晶片的接合焊盘与基板引脚相连，实现电气连接，最后用外壳加以保护。
- 传统封装大致可以分为通孔插装类封装以及表面贴装类封装。20世纪70年代人们通常采用双列直插式封装（DIP）或锯齿型单列式封装（ZIP）等通孔型技术，即将引线插入到印刷电路板（PCB）的安装孔中；后来，随着引脚数量的不断增加以及PCB设计的日趋复杂，通孔插孔技术的局限性也日益凸显，薄型小尺寸封装（TSOP）、四方扁平封装（QFP）和J形引线小外形封装（SOJ）等表面贴装型技术陆续问世。

◆ 表：传统封装可分为通孔插装类封装和表面贴装类封装

	通孔插装类封装（THP）	表面贴装类封装（SMP）
引脚数量	除PGA外，一般不超过100；PGA不超过500	最多可达1000以上（如BGA）
封装密度	与SMP相比，当具有相同的引脚数量时，封装面积较大，质量较大。芯片面积占封装面积比小，通常在1:10以下	与THP相比，当具有相同的引脚数量时，SMP的封装面积为THP的25%-40%，其质量为THP的5%-15%。芯片面积占封装面积比最大可超过1:1.14，非常接近1:1
电性能	寄生电感、电阻和电容大，信号传输慢	寄生电感、电阻和电容小，信号传输快
自动化生产	体积大，质量大，外形复杂，需要多种插装机	体积小，质量小，贴装更容易
生产成本	材料成本高，生产效率低	材料成本低，生产效率高
可靠性	焊点缺陷率高	焊点缺陷率低50%以上

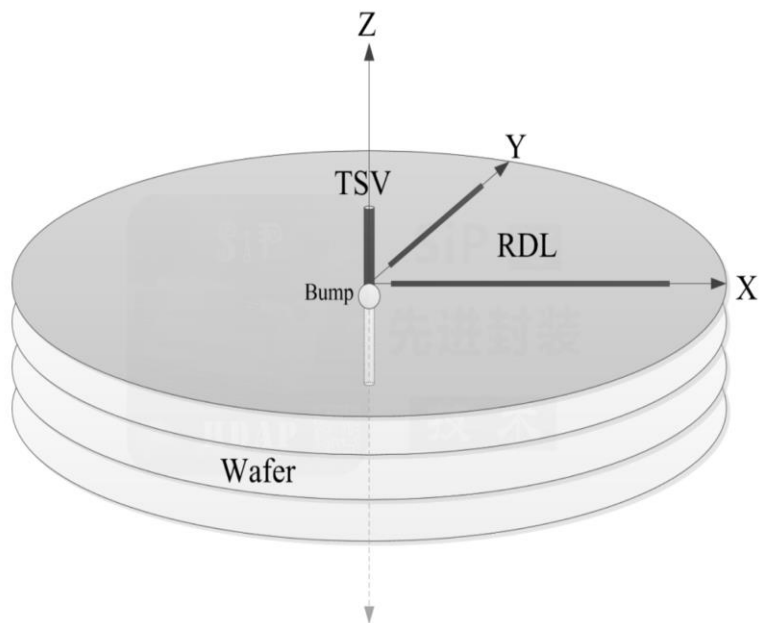
◆ 图：通孔型和表面贴装型的封装形式对比



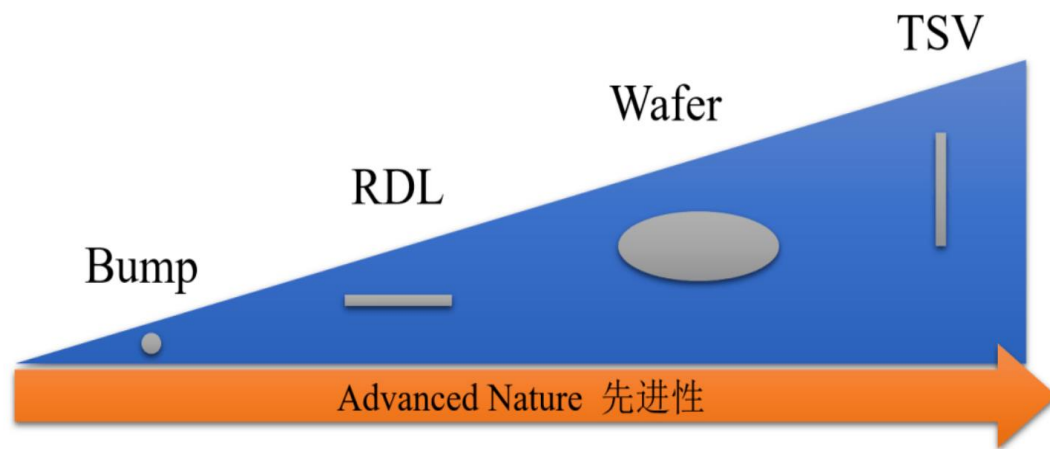
## 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式，省略了引线的方式，采取传输速度更快的凸块、中间层等。先进封装的四要素包括RDL（再分布层技术）、TSV（硅通孔）、Bump（凸块）、Wafer（晶圆），任何一款封装如果具备了四要素中的任意一个，都可以称之为先进封装。在先进封装的四要素中，RDL起着XY平面电气延伸的作用，TSV起着Z轴电气延伸的作用，Bump起着界面互联和应力缓冲的作用，Wafer则作为集成电路的载体以及RDL和TSV的介质和载体。
- 下文我们重点讨论凸块（Bump）、倒装（FlipChip）、晶圆级封装（Wafer level package）、再分布层技术（RDL）和硅通孔（TSV）。

◆ 图：先进封装的四要素包括RDL（再分布层技术）、TSV（硅通孔）、Bump（凸块）、Wafer（晶圆）



◆ 图：根据四要素的先进性排序为Bump、RDL、Wafer、TSV

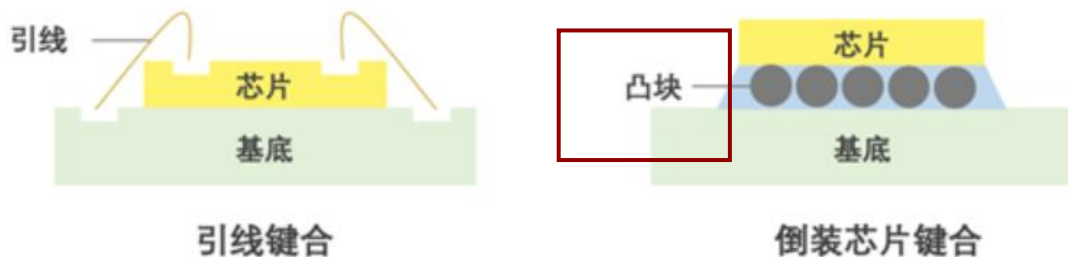




## 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- (1) 凸块 (Bump)：是在芯片上制作凸块，通过在芯片表面制作金属凸块提供芯片电气互连的“点”接口，广泛应用于 FC、WLP 等先进封装。经过多年的发展，凸块制作的材质主要有金、铜、铜镍金、锡等，不同金属材质适用于不同芯片的封装。

◆ 图：凸块替代原有的引线将芯片与基底进行连接



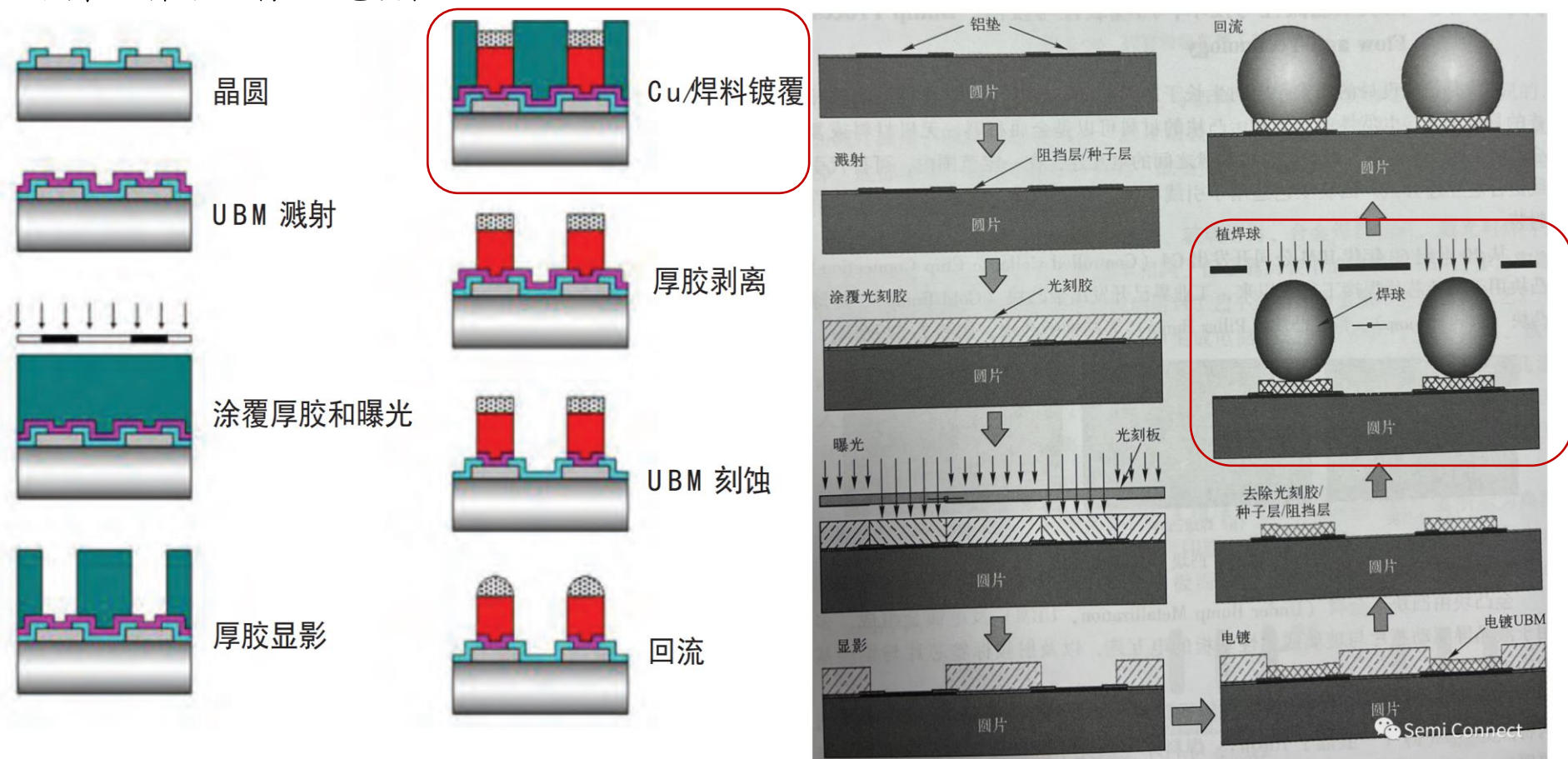
◆ 表：不同类型的凸块

凸块种类	主要特点	应用领域
金凸块	由于金具有良好的导电性、机械加工性(较为柔软)及抗腐蚀性，因此金凸块具有密度大、低感应、散热能力佳、材质稳定性高等特点，但金凸块原材料成本高。	主要应用于显示驱动芯片、传感器、电子标签等产品封装。
铜镍金凸块	铜镍金凸块可适用于不同的封装，可提高键合导电性能、散热性能、减少阻抗，大大提高了引线键合的灵活性虽原材料成本较金凸块低，但工艺复杂制造成本相对高。	目前主要用于电源管理等大电流、需低阻抗的芯片封装。
铜柱凸块	铜柱凸块具有良好电性能和热性能具备窄节距的优点。同时可通过增加介电层或RDL提升芯片可靠性。	应用领域较广，主要应用于通用处理器、图像处理器、存储器芯片、ASIC、FPGA、电源管理芯片、射频前端芯片、基带芯片、功率放大器、汽车电子等产品或领域。
锡凸块	凸块结构主要由铜焊盘和锡帽构成，一般是铜柱凸块尺寸的3~5倍球体较大，可焊性更强。	应用领域较广，主要应用于图像传感器、电源管理芯片、高速器件、光电器件等领域。

# 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- 铜柱凸块 (Cu Pillar) 制造流程主要包括UBM溅射、厚胶光刻、电镀、去胶和UBM刻蚀等工序。①采用溅射或其他PVD的方式在晶圆表面沉积一层铜作为电镀的种子层；②在晶圆表面涂一定厚度的光刻胶并光刻出所需图形；③对晶圆进行电镀，通过控制电镀电流大小、电镀时间等，从光刻胶开窗图形底部生长并得到一定厚度的金属层；④去除多余光刻胶。

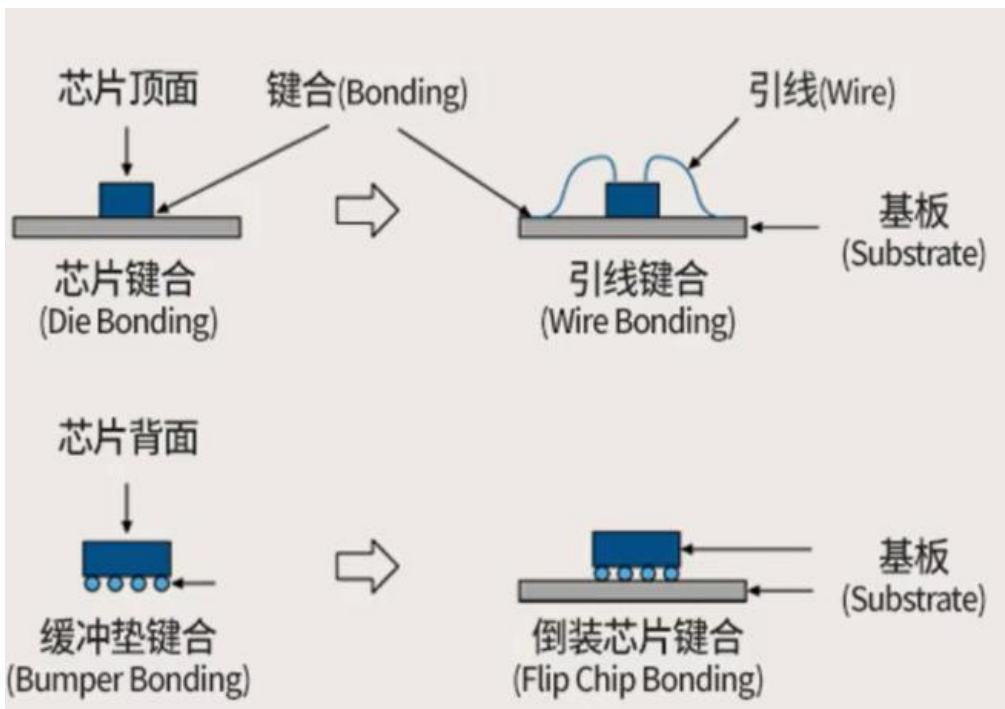
◆ 图：铜柱凸块制造工艺流程



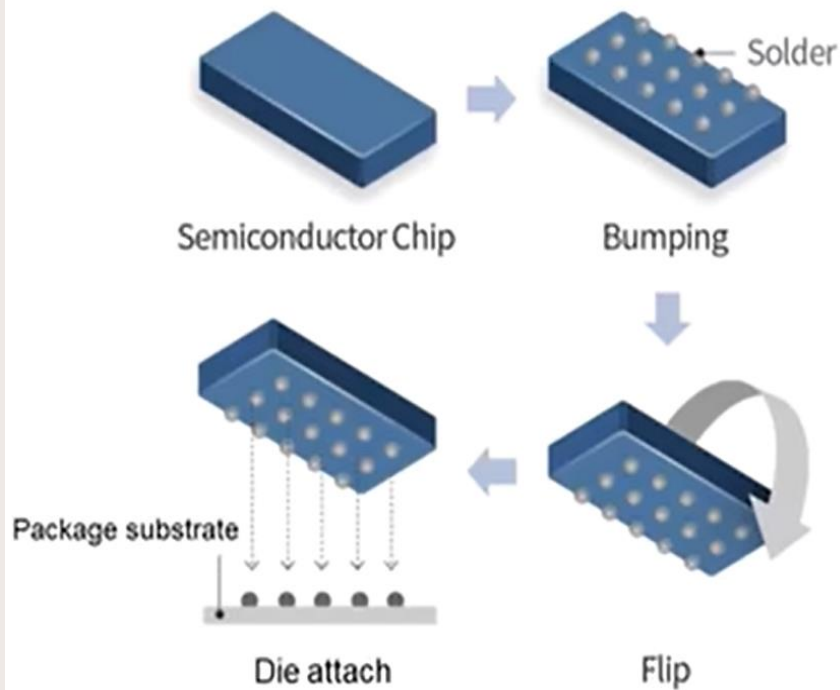
## 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- (2) 倒装 (FlipChip, FC)：通过将芯片颠倒封装在基板上，芯片与外部系统主要通过焊球或凸块实现链接，封装更为紧凑。具体来看，FC是在I/O pad上沉积锡铅球，然后将芯片翻转加热，利用熔融的锡铅球与陶瓷基板相结合，当前主要应用于CPU、GPU及芯片组等产品，CPU及内存条等电子产品是最常见的应用倒装芯片技术的器件。与传统的引线键合相比，FC的芯片结构和I/O端（锡球）方向朝下，由于I/O引出端分布于整个芯片表面，在封装密度和处理速度上FC显著高于引线键合技术，特别是它可以采用类似SMT技术的手段来加工。

◆ 图：倒装封装利用焊球或凸块实现电连接



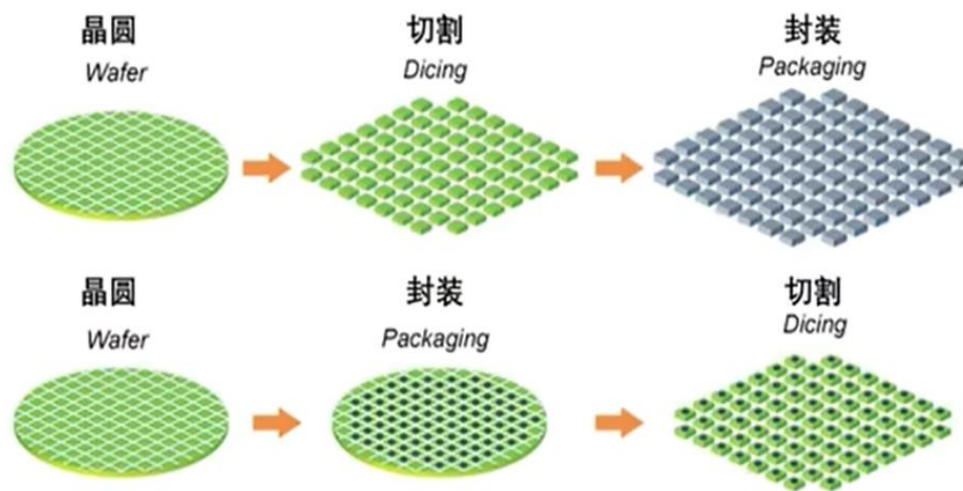
◆ 图：倒装封装工艺流程



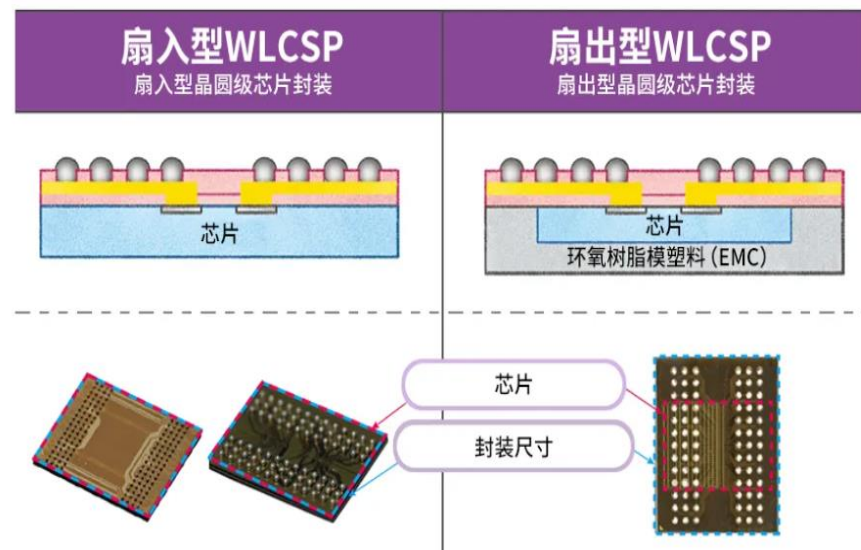
## 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- （3）晶圆级封装（Wafer-level packaging, WLP）：**不同于传统封装工艺，WLP在芯片还在晶圆上的时候就对芯片进行封装，保护层可以黏接在晶圆的顶部或底部，然后连接电路，再将晶圆切成单个芯片。晶圆级芯片封装又可分为扇入型（Fan-in WLP）和扇出型（Fan-out WLP），扇入型将导线和锡球固定在晶圆顶部，而扇出型则将芯片重新排列为模塑晶圆，二者最大的区别在于扇出型引脚数多于扇入型、封装尺寸较大，在大批量生产时，扇入型通常比扇出型更经济，因为制造过程相对简单，然而如果需要更高的I/O引脚数量或更复杂的设计，扇出型可能是更好的选择。WLP已广泛用于闪速存储器、EEPROM、高速DRAM、SRAM、LCD驱动器、射频器件、逻辑器件、电源/电池管理器件和模拟器件(稳压器、温度传感器、控制器、运算放大器、功率放大器)等领域。

◆图：晶圆级封装（下）与传统封装（上）的区别



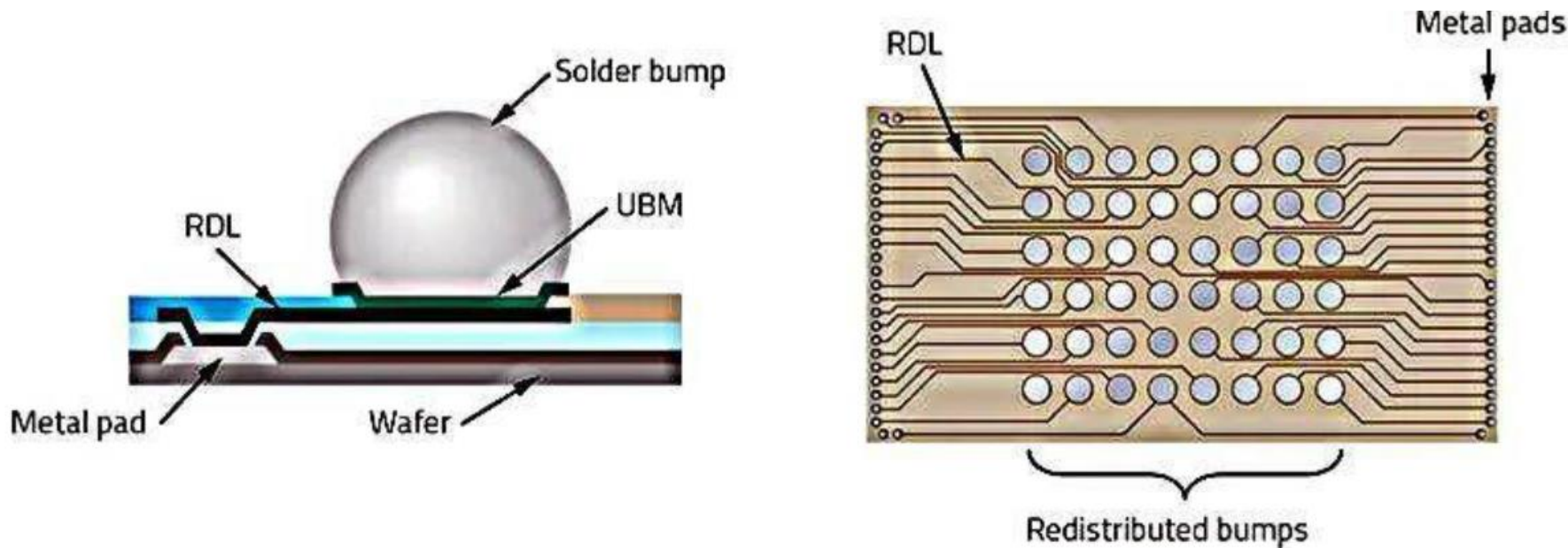
◆图：晶圆级芯片封装又可分为扇入型（Fan-in WLP）和扇出型（Fan-out WLP）



## 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

- (4) 再分布层技术 (Redistribution layer, RDL)：在晶圆表面沉积金属层和相应的介质层，并形成金属布线，对IO端口进行重新布局，将其布局到新的、占位更为宽松的区域，并形成面阵列排布。在芯片设计和制造时，IO端口一般分布在芯片的边沿或者四周，这对于引线键合工艺来说很方便，但对于倒装技术来说就有些困难，因此RDL应运而生。在芯片封装过程中，RDL用于重新分配芯片上的电路布线，将其连接到封装基板上的引脚或其他组件，这有助于实现更复杂的电路连接、提高性能并减小封装面积。
- 晶圆级封装中RDL是最为关键的技术，通过RDL将IO端口进行扇入或者扇出；在2.5D封装中，通过RDL将网络互联并分布到不同的位置，从而将硅基板上方的芯片的Bump和基板下方的Bump连接；在3D封装中，堆叠上下是不同类型芯片时需要RDL重布线层将上下层芯片的IO进行对准，从而完成电气互联。

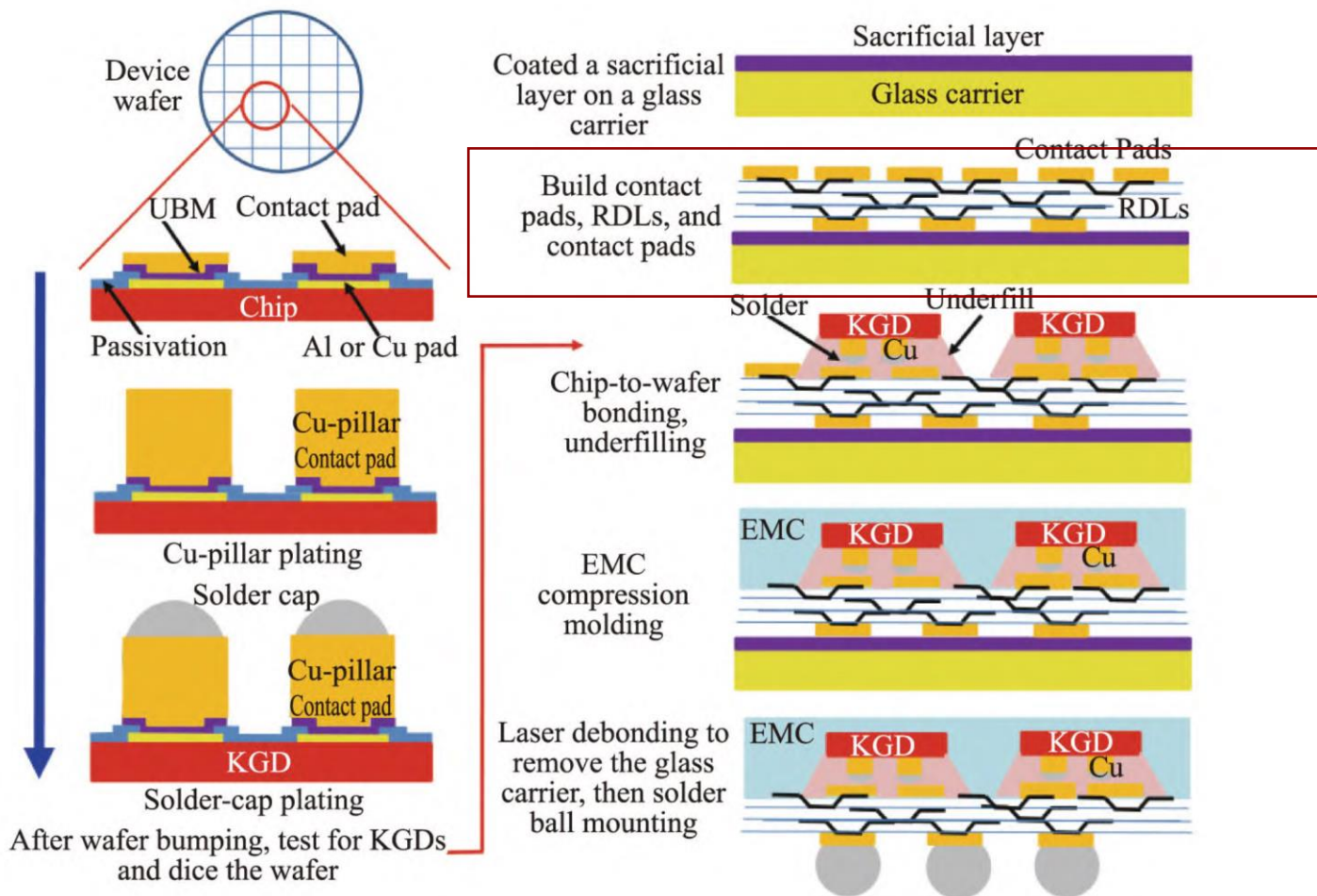
◆ 图：再分布层技术 (RDL) 示意图



# 1.5. 先进与传统封装的最大区别在于芯片与外部系统的电连接方式

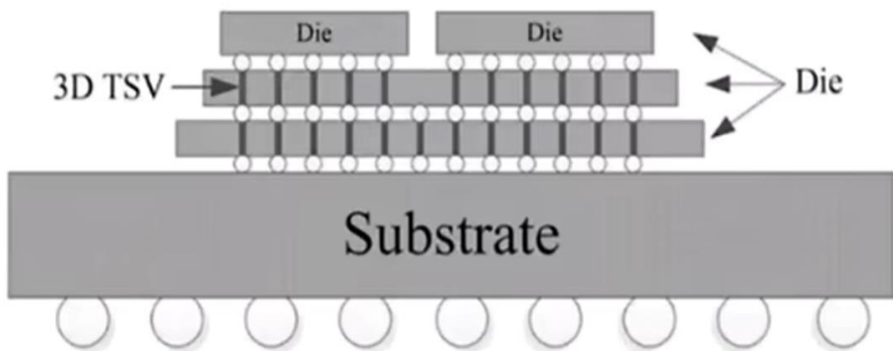
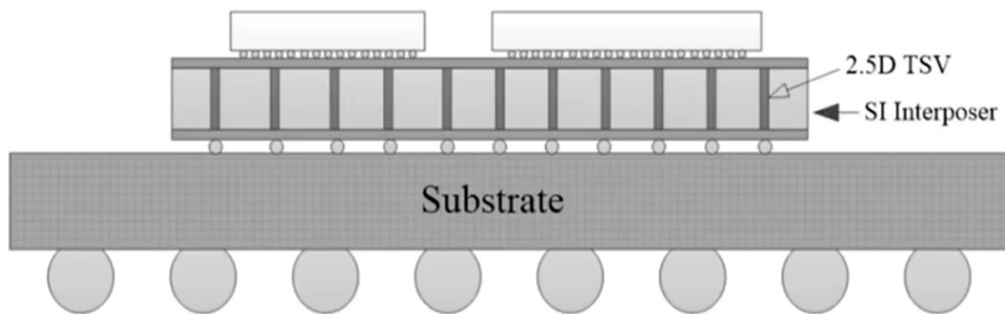
- **RDL的主要工艺流程为：**①形成钝化绝缘层并开口；②沉积粘附层和种子层；③光刻显影形成线路图案并电镀填充；④除光刻胶并刻蚀粘附层和种子层；⑤重复上述步骤进行下一层的RDL布线。

◆ 图：RDL工艺流程图

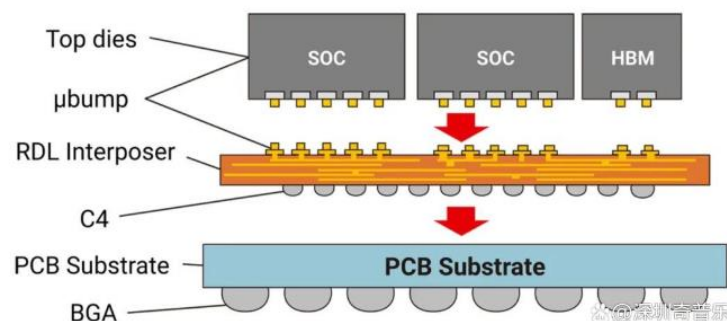


- (5) 硅通孔技术 (Through Silicon Via, TSV)：在芯片内部垂直穿透硅片并连接芯片顶部和底部的金属线，主要作用是实现不同芯片层级之间的电信号连接。TSV可分为2.5D和3D，2.5D需要中介层Interposer，典型应用为台积电的CoWoS (Chip-on-Wafer-on-Substrate)，3D无需中介层，典型应用为SK海力士、三星的HBM (High Bandwidth Memory)。

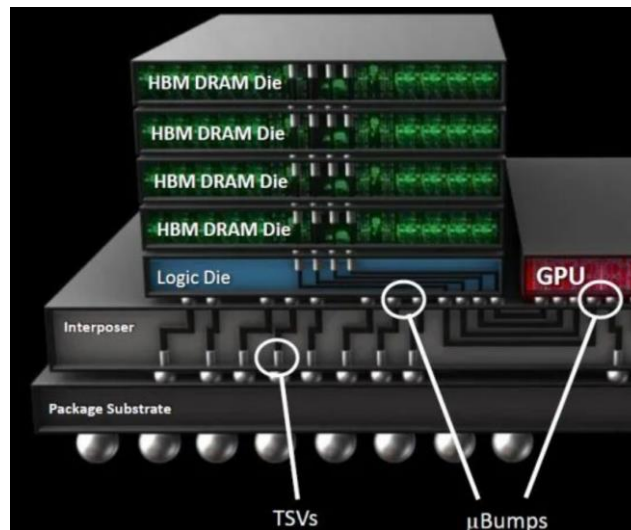
◆ 图：TSV可分为2.5D和3D



◆ 图：2.5D封装的典型应用CoWoS



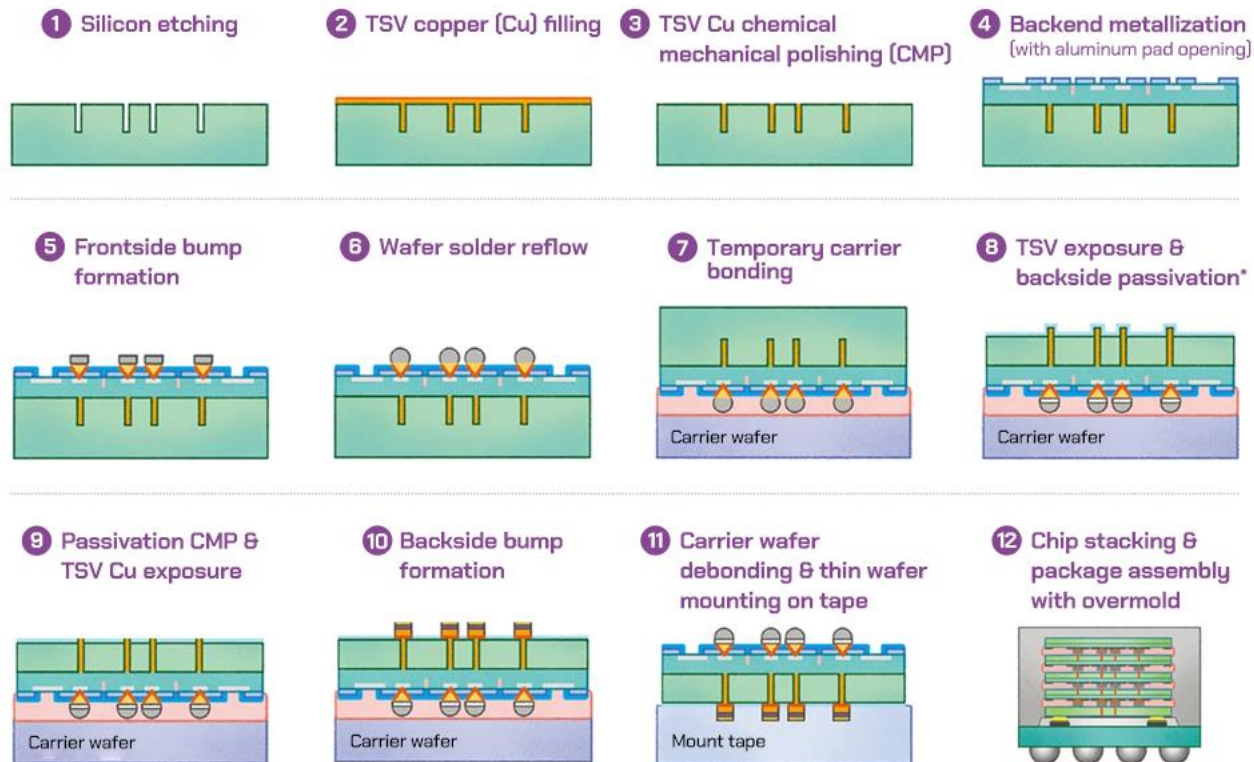
◆ 图：3D封装的典型应用HBM



- TSV的制作主要包括六个关键的工艺步骤，以前通孔为例：①通过深反应离子刻蚀技术或者激光打孔技术制作YSV；②通过热氧化技术或者等离子体增强化学气相沉积；③通过物理气相沉积技术制作阻挡层和种子层；④通过电镀技术将铜填充于TSV中；⑤通过化学机械抛光技术去除多余的铜；⑥TSV Cu外露。

◆ 图：TSV工艺流程

## The Through-Silicon Via (TSV) Packaging Process







1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

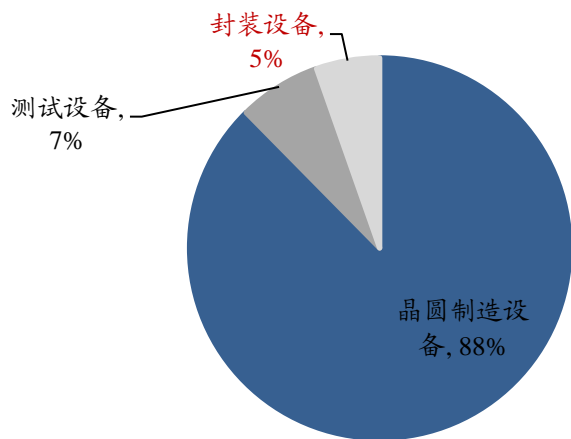
6 风险提示

---

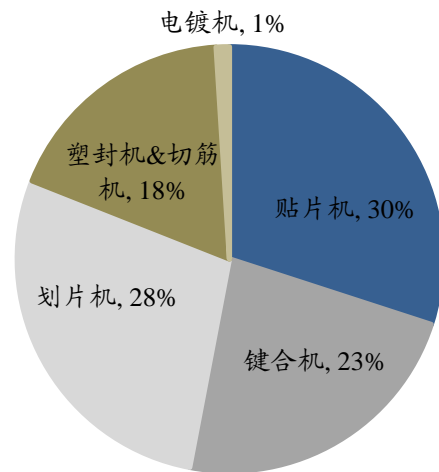
## 2.1. 半导体封装设备价值量占比约5%，固晶机/划片机/键合机等为核心

- 后道封装设备占半导体设备的价值量比重约5%，贴片机/划片机/键合机等为核心设备。根据SEMI，2025年全球半导体封装设备市场规模有望达59.5亿美元（按照2024年4月13日汇率7.24计算，对应人民币市场空间约430.8亿元），其中固晶机（贴片机）占比30%，划片机（切片机）占比28%，键合机占比23%。

◆ 图：2022年全球半导体封装设备价值量占比约5%



◆ 图：封装设备中划片机/固晶机/键合机等为核心



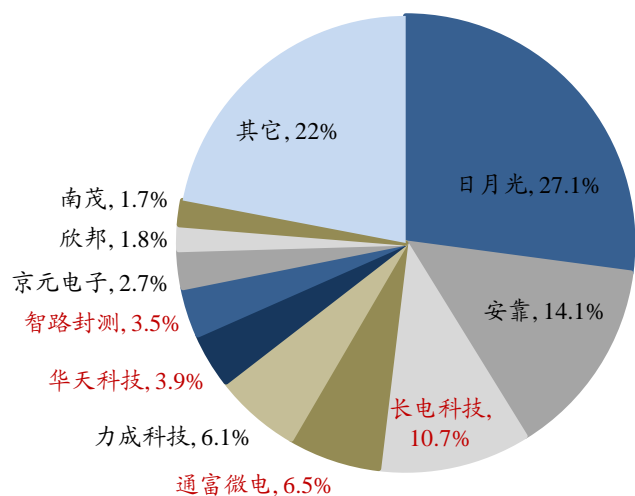
◆ 表：2017-2025E全球半导体封装设备市场规模

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E	
全球半导体封装设备销售额（亿元）	266	294	202	270	490	405	279	347	417	
其中	固晶机（30%）	80	88	60	81	147	121	84	104	125
	划片机（28%）	74	82	56	75	137	113	78	97	117
	键合机（23%）	61	68	46	62	113	93	64	80	96
	塑封机（18%）	48	53	36	49	88	73	50	62	75
	电镀机（1%）	3	3	2	3	5	4	3	3	4

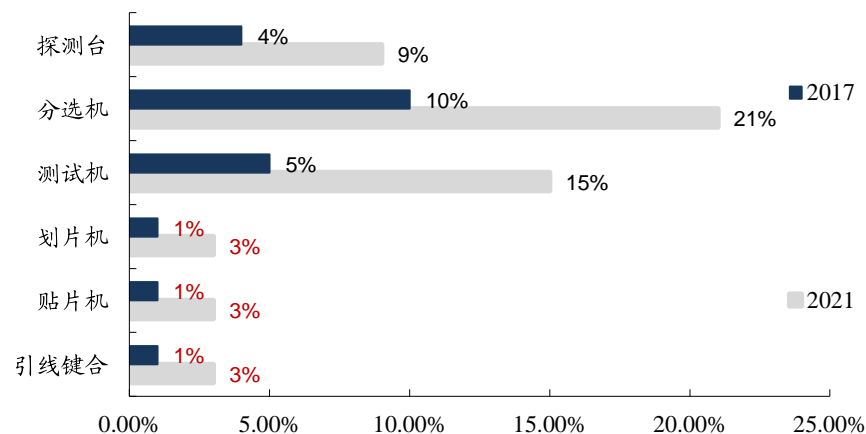
## 2.1. 我国封测产业链虽成熟，但设备国产化率不足5%

- 我国集成电路封测环节发展成熟度高于晶圆制造环节。2022年全球委外封测（OSAT）厂商前十大合计占比约78%，基本被中国台湾和中国大陆厂商包揽，其中中国台湾日月光占比27%、安靠占比14%，合计占比约41%；中国大陆厂商长电科技占比11%、通富微电占比7%、华天科技占比4%、智路封测占比3%，合计占比约25%。
- 但封装与测试设备国产化率均低于晶圆制程设备的国产化率。国内缺乏知名的封装设备制造厂商，也缺乏中高端测试设备供应商，封测设备国产化率整体上不超过5%，主要原因是产业政策向晶圆厂、封测厂、制程设备等等有所倾斜，而封装设备和中高端测试设备缺乏产业政策培育和来自封测客户的验证机会，我们认为未来随着国产封装设备商、测试设备商的积极突破+自主可控整体大背景下，封装和中高端测试设备国产化率有望持续提升，匹配我国封测产业链的成熟度。

◆ 图：2022年全球委外封测（OSAT）厂商市占率

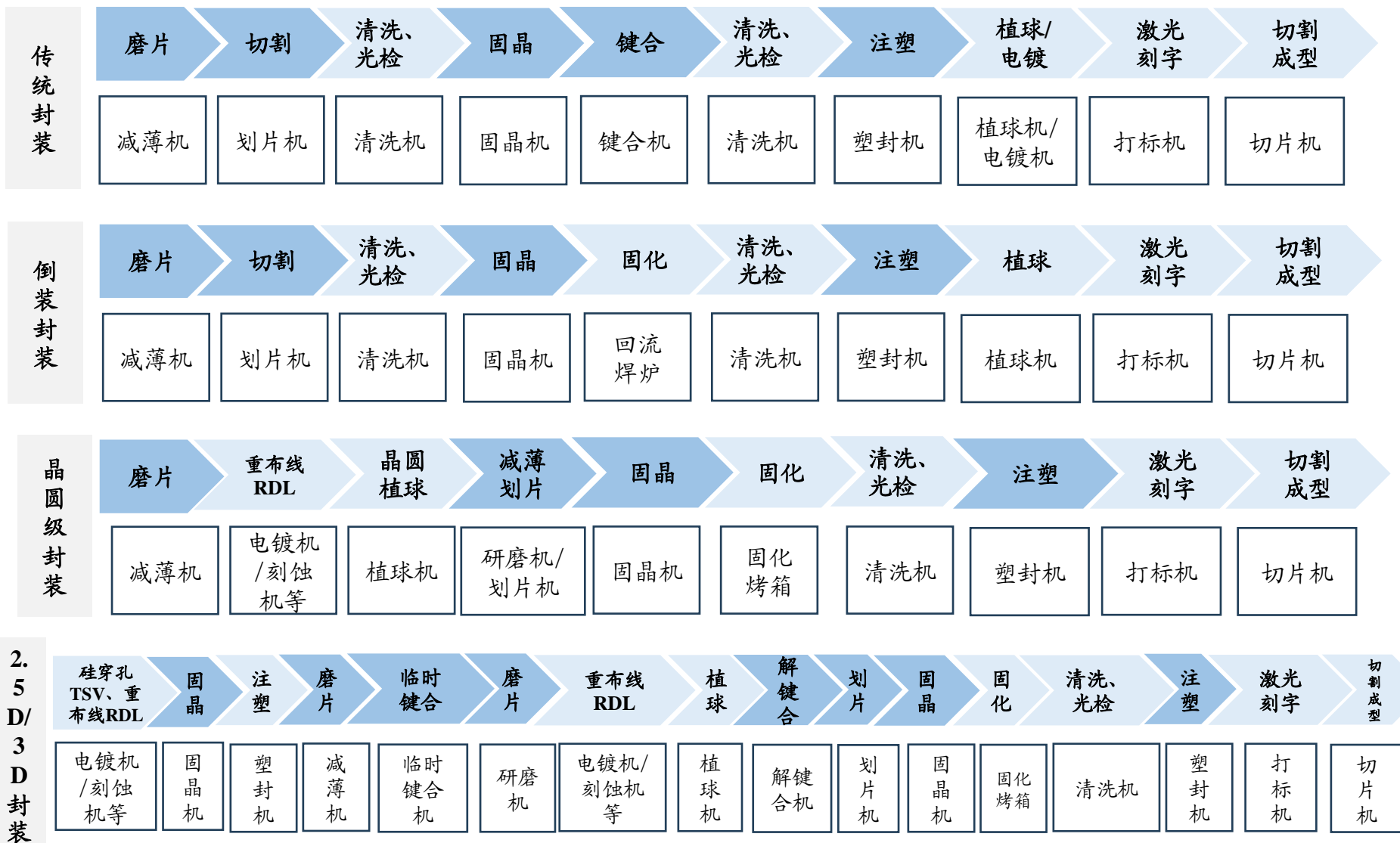


◆ 图：2017-2021年中国大陆封装设备国产化率较低



## 2.1. 传统与先进封装所需的设备有一定重合，但工艺要求有差别

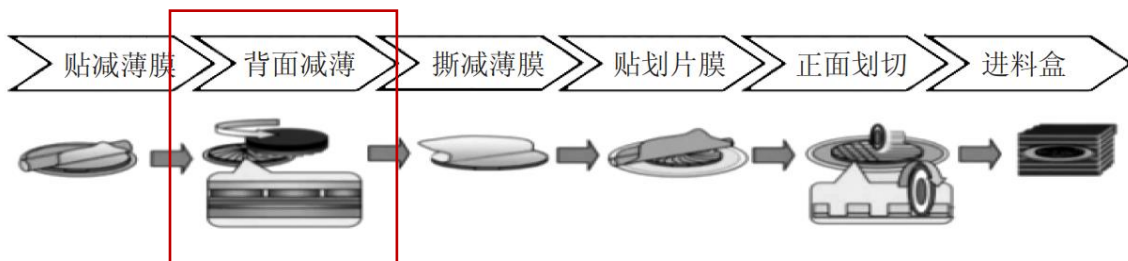
◆ 图：传统封装与先进封装所需设备有一定重合，减薄机、划片机、固晶机、键合机、塑封机等均为标配，当然先进封装对前述设备均提出更高要求，例如研磨更薄的晶圆、键合不再是引线框架、塑封机转向压塑等



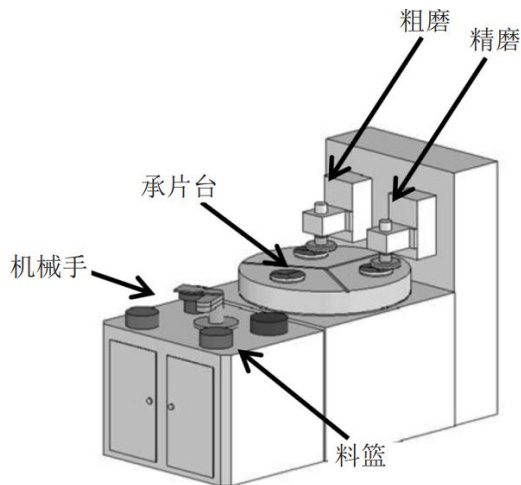
## 2.2.减薄机：晶圆与磨轮（砂轮）通过相对运动实现磨削减薄

- 减薄指的是晶圆（正面已布好电路的硅片）在后续划片之前需要进行背面减薄(Backside grinding)，目前主要通过磨轮（砂轮）磨削晶圆背面，以降低封装高度，减小芯片体积。标准的减薄流程如下图所示。
- 减薄机结构主要包括粗磨（讲究效率）&精磨（讲究质量）磨轮、成片台、机械手、料篮等。晶圆吸附在承片台上，通过粗磨、精磨工位上的磨轮进行减薄，减薄完成后，通过机械手将完成加工的晶圆传输到料篮里，然后再把整个料篮拿到撕贴膜一体机上，去撕除贴在晶圆表面的保护膜，并粘贴上划片膜，为后续划切工艺做好准备。

◆ 图：芯片封装减薄、划切工艺流程



◆ 图：传统封装减薄机结构示意图



## 2.2.减薄机：晶圆与磨轮（砂轮）通过相对运动实现磨削减薄

- 与硅片可双面减薄不同，晶圆的减薄加工只能选择单面（背面）加工方法，可分为转台式磨削（Rotary Grinding）和硅片旋转磨削（In-Feed Grinding）两种方式，两种方式的最大差异在于晶圆是否自转。

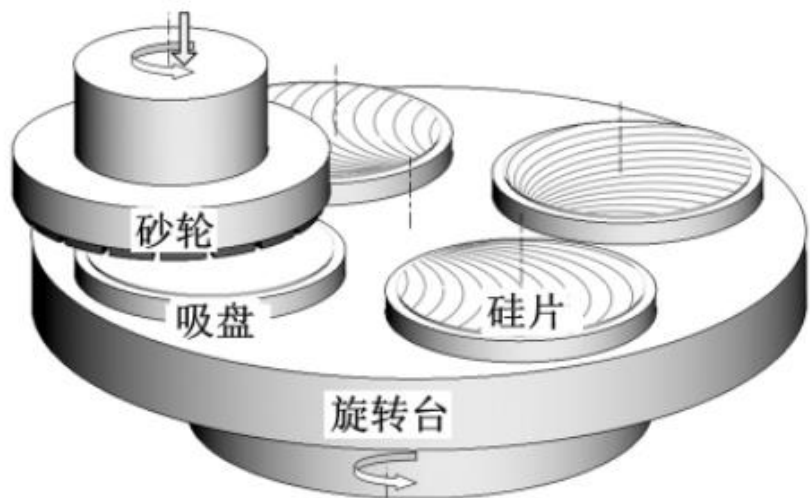
◆ 图：晶圆减薄的方式为单面（背面）减薄，包括转台式磨削和硅片旋转磨削两种

	双面研磨	转台式磨削	硅片旋转磨削	双面磨削
应用	硅片制备	硅片制备 晶圆减薄	硅片制备 晶圆减薄	硅片制备
同时加工硅片数量	多片	多片	单片	单片
硅片装夹方式	行星轮	真空吸盘	真空吸盘	保持架
硅片最大尺寸 (mm)	200	200	≥ 300	≥ 300
表面损伤层深度 (μm)	20-30	< 1.4 (粗磨) < 0.4 (精磨)	< 1.4 (粗磨) < 0.4 (精磨)	< 1.4 (粗磨) < 0.4 (精磨)
去除波纹度的能力	最好	差	差	好
产片率 (单片加工时) (min)	> 1	< 1	< 0.5	< 1
材料去除率 (μm/min)	< 2	20-100	20-100	20-100
加工余量	受限	无限制	无限制	受限
加工量 (μm)	≥ 30 (单面)	30-40 (单面)	10-300 (单面)	20-40 (单面)
磨削力	受力小且均匀	磨削力实时变化	磨削力基本恒定	磨削力基本恒定
表面纹路样式	随机	波纹状	辐射状	交叉状
最佳表面粗糙度 Ra	0.1-0.2μm	中	1.0-20.0nm	1.0-20.0nm
总厚度变化(TTV)(um)	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.2
全局平整度(um)	≤ 0.13	≤ 0.13	≤ 0.13	≤ 0.13
局部平整度(um)	≤ 0.10	≤ 0.11	≤ 0.12	≤ 0.13
单晶硅片面型	平面型	有踏边, A/楔型	W/M/A/V型	W/M/V型
研磨液/磨削液	水溶性或油性	纯水和表面活性剂的混合液	纯水和表面活性剂的混合液	纯水和表面活性剂的混合液
磨料	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 等游离磨料	金刚石固结磨料	金刚石固结磨料	金刚石固结磨料

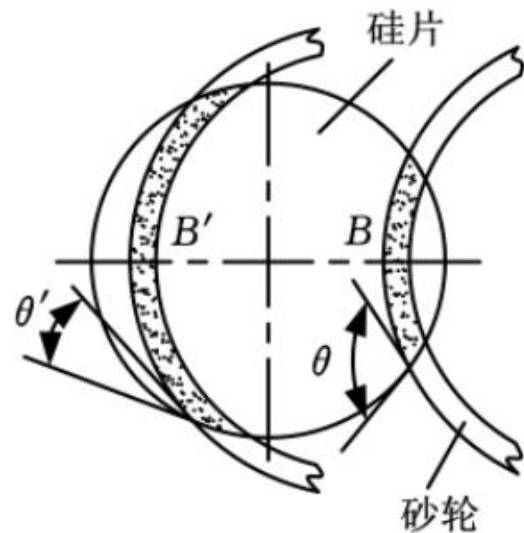
## 2.2.减薄机：晶圆与磨轮（砂轮）通过相对运动实现磨削减薄

- 转台式磨削为磨轮转动，但晶圆自身并不自转。转台式磨削与晶圆分别固定于旋转台的吸盘上，在转台的带动下同步旋转，晶圆本身并不绕其轴心转动，砂轮高速旋转的同时沿轴向进给，砂轮直径大于晶圆直径。
- 转台式磨削有整面切入式（Face Plunge Grinding）和平面切向式（Face Tangential Grinding）两种，区别在于磨轮是否能完全覆盖晶圆。整面切入式加工时，砂轮宽度大于晶圆直径，砂轮主轴沿其轴向连续进给直至余量加工完毕，然后晶圆在旋转台的带动下转位；平面切向式磨削加工时，砂轮沿其轴向进给，晶圆在旋转盘带动下连续转位，通过往复进给方式（Reciprocation）或缓进给方式（Creep Feed）完成磨削。
- 该方法下实际磨削区面积  $B$  和切入角  $\theta$ （砂轮外圆与硅片外圆之间夹角）均随着砂轮切入位置的变化而变化，导致磨削力不恒定，TTV值较高、容易塌边、崩边，转台式磨削不适合300mm（12英寸）以上单晶硅片的磨削加工。

◆ 图：转台式磨削(平面切向式)原理示意图



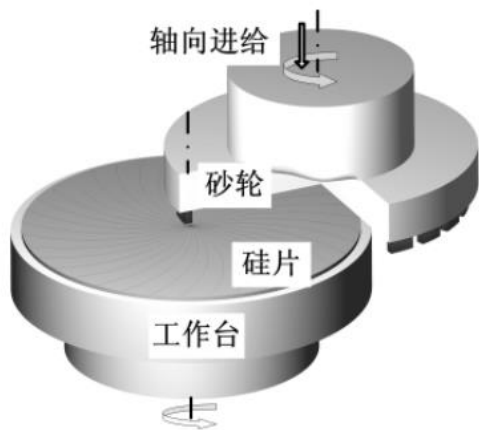
◆ 图：转台式磨削的实际磨削区和切入角 $\theta$ 一直在变化



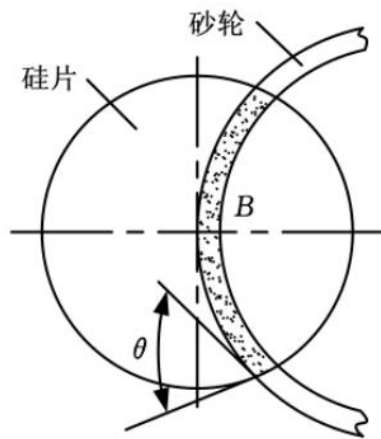
## 2.2.减薄机：晶圆与磨轮（砂轮）通过相对运动实现磨削减薄

- 硅片旋转磨削为磨轮转动，晶圆自身也转动。吸附在工作台上的晶圆和金刚石砂轮绕各自轴线旋转，砂轮同时沿轴向连续进给。其中砂轮直径大于被加工硅片直径，其圆周经过硅片中心。
- 硅片旋转磨削与转台式磨削相比具有适合大尺寸晶圆、磨削力稳定等优点，为目前晶圆减薄的主流：（1）单次单片磨削，可加工 300mm（12英寸）以上的大尺寸硅片；（2）实际磨削区面积  $B$  和切入角  $\theta$  恒定，磨削力相对稳定；（3）通过调整砂轮转轴和硅片转轴之间的倾角可实现单晶硅片面型的主动控制，获得较好的面型精度。另外还具有可实现大余量磨削、易于实现在线厚度与表面质量的检测与控制、设备结构紧凑、容易实现多工位集成磨削、磨削效率高等优点。

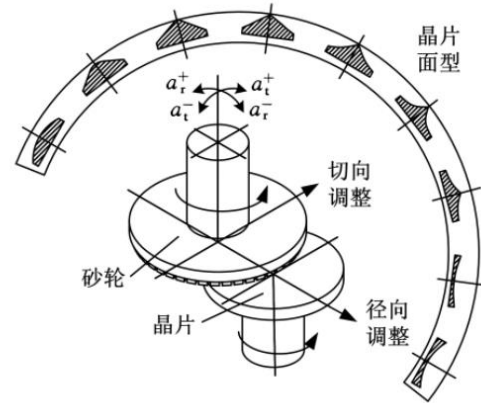
◆ 图：硅片旋转磨削原理示意图



◆ 图：硅片旋转磨削的磨削区和切入角  $\theta$  保持恒定



◆ 图：硅片旋转磨削的面型控制

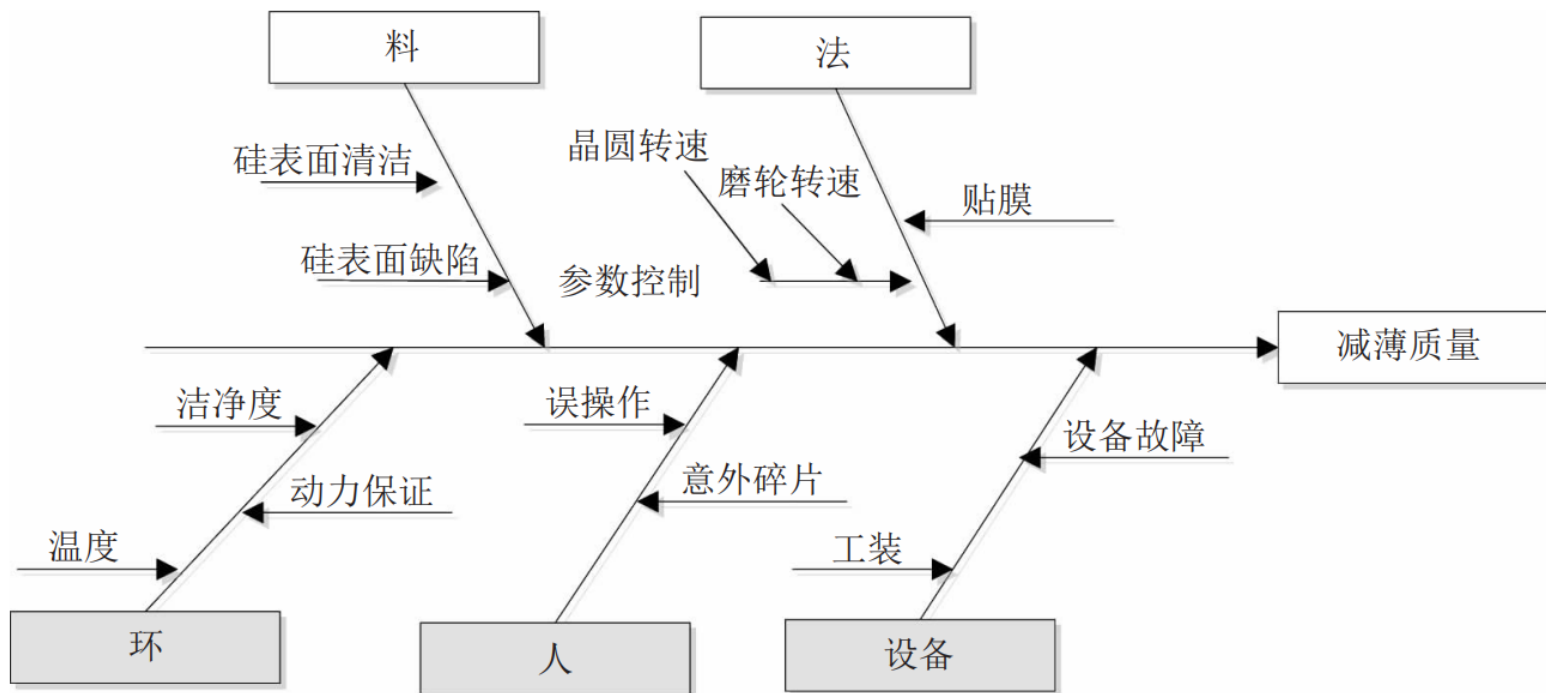




## 2.2.减薄机：加工水平与设备、工艺、材料等均有关

- 晶圆减薄加工优劣主要取决于设备及工艺，也与磨轮金刚砂的基本材料、金刚砂粒度的大小有关系。（1）**磨轮粒度**：粒度越大，表面粗糙度越大，裂痕层越深，影响最显著；（2）**进给**：进给越大，裂痕层越深，表面粗糙度越大，以粗磨最明显；（3）**晶圆转速**：晶圆转速越大、裂痕层越深、表面粗糙度越大；（4）**磨轮转速**：磨轮转速越大、裂痕层越浅、表面粗糙度越小；（5）**温度**：温度越高，裂痕越不容易产生。

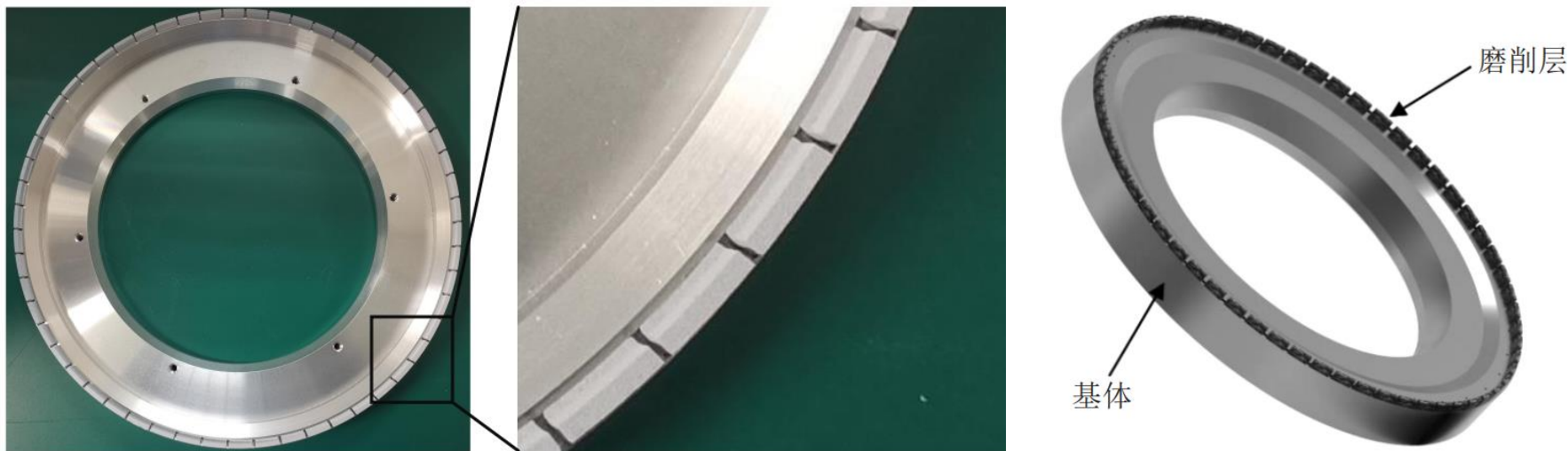
◆ 图：磨轮转速、晶圆转速、磨轮粒度及温度为主要因素



## 2.2.减薄机：金刚石磨轮（砂轮）为核心耗材，关注磨粒粒径&结合剂

- 减小砂轮中磨粒的粒径以及采用低弹性模量的结合剂，均能够提高磨削表面质量，减少亚表面损伤深度。
  - （1）磨粒粒径：为了获得较好的磨削表面质量，降低亚表面损伤深度，使用磨粒粒径小的砂轮磨削硅片是非常必要的，但是砂轮粒度过细会引起砂轮自锐性差、砂轮堵塞等问题；
  - （2）结合剂：采用弹性模量较低的结合剂也是一种有效的办法，目前金刚石砂轮结合剂包括陶瓷结合剂、树脂结合剂等，陶瓷结合剂金刚石砂轮是以陶瓷、玻璃等无机材料作为结合剂与人造金刚石磨料混合后，粉料经压制成型并经过高温烧结而成，树脂结合剂金刚石砂轮是以树脂粉或树脂液为结合剂，人造金刚石为磨粒，经过配制、混合、成型、固化等工艺制备而成，相较于陶瓷结合剂，树脂结合剂的弹性模量低、弹性好，在磨削过程中弹性变形较大，进而使磨粒产生退让，从而有效降低磨粒切深。

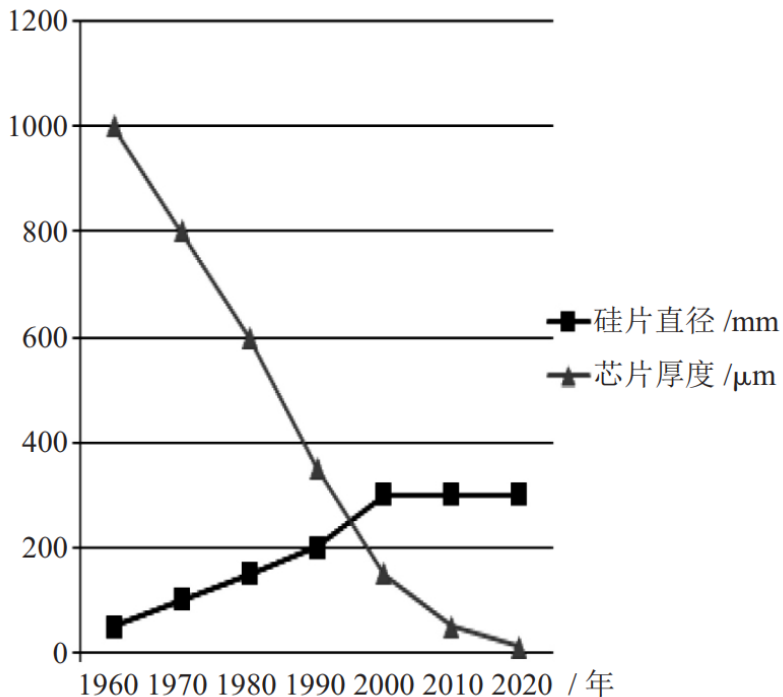
◆ 图：金刚石砂轮



## 2.2.减薄机：晶圆呈现超薄化趋势，加工难度变大

- 器件小型化要求不断降低芯片封装厚度，晶圆超薄化发展，对减薄机提出更高要求。一般的减薄工艺和晶圆传输方式只能实现对150 $\mu\text{m}$ 以上厚度晶圆的加工，但随着器件减小，芯片厚度不断减薄，强度随之降低，减薄过程容易形成损伤和微裂纹。以存储器为例，其封装形式主要为叠层封装，封装的层数目前已达到96层以上，为满足先进封装要求，在封装整体厚度不变甚至减小的趋势下，堆叠中各层芯片的厚度就不可避免地需要减薄，一般来说，较为先进的多层封装所用的芯片厚度都在100 $\mu\text{m}$ 以下甚至30 $\mu\text{m}$ 以下，呈现柔软、刚性差、实质脆弱等特点，要求其TTV小于1 $\mu\text{m}$ 、表面粗糙度Rz<0.01 $\mu\text{m}$ ，显著增大加工难度。

◆ 图：硅片直径与芯片厚度的变化趋势



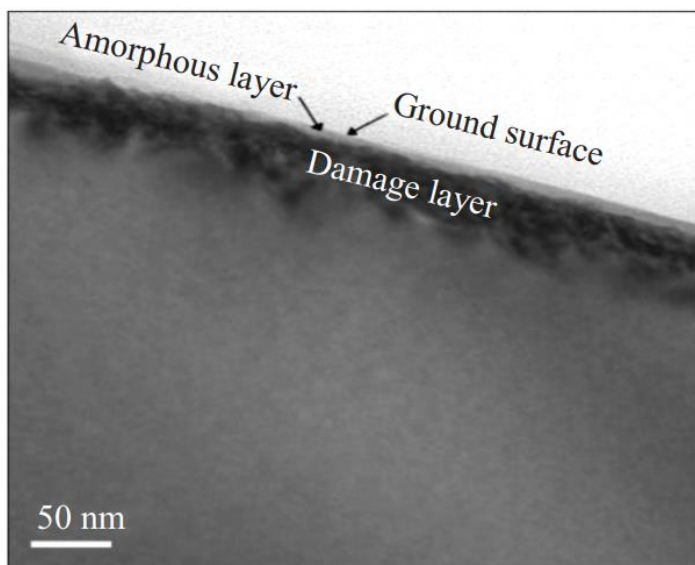
◆ 图：50 $\mu\text{m}$ 厚度、300mm晶圆的柔性



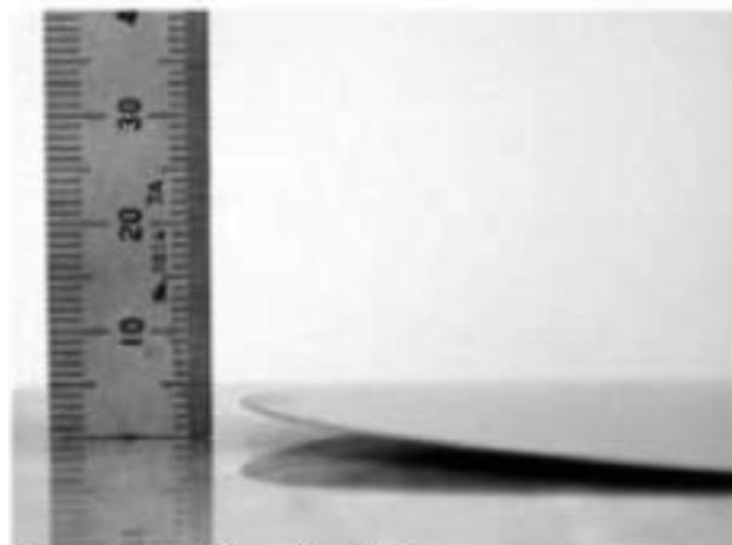
## 2.2.减薄机：超薄晶圆磨削后可再叠加抛光工序

- **超薄晶圆减薄后可叠加抛光工序，消除残余应力和表面损伤。**由于磨削是通过机械作用去除材料，会在硅片表面产生表面损伤、残余应力，导致加工后的晶圆强度降低、翘曲变形，因此精磨加工后通常还需要其他工艺，如化学机械抛光，采用晶圆吸附在承片台上，抛光垫粘结在抛光头上的方式，将抛光液喷洒到晶圆上，与晶圆发生化学反应，并通过抛光头与承片台的相互运动，实现对材料表面的去除，从而实现对晶圆的抛光，减小了晶圆表明损伤层的深度，提高了表面质量。抛光液中，磨粒的直径大小在70-100nm，消除晶圆表面因为精磨磨削的物理加工方式产生的残余应力和表面损伤层，降低了超薄晶圆传输的风险。

◆ 图：抛光表面形貌图



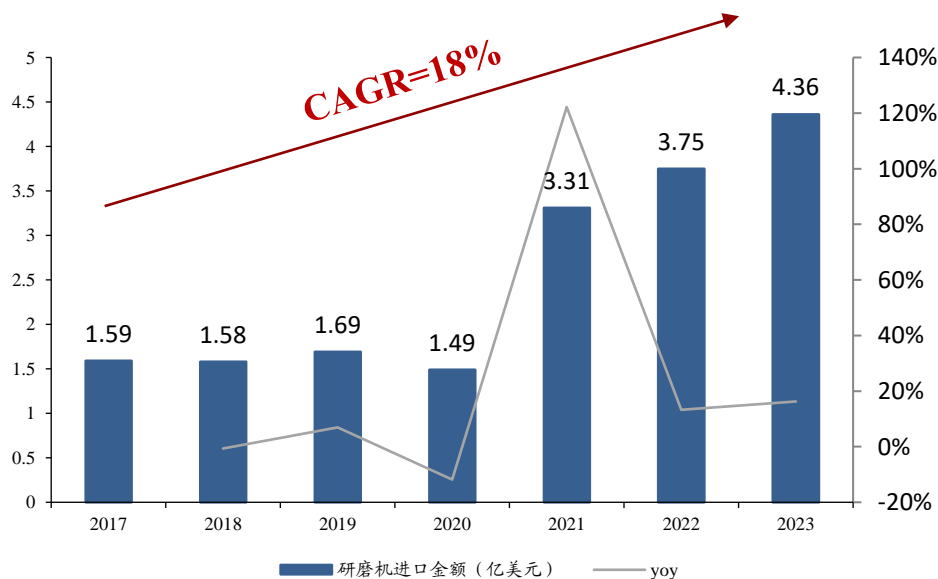
◆ 图：抛光后的翘曲度



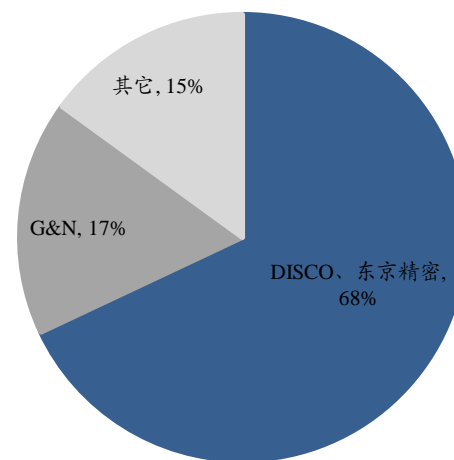
## 2.2.减薄机：海外龙头为DISCO、东京精密等，CR3约85%

- 2023年我国进口研磨机金额为4.4亿美元，同比+16%，2017-2023年CAGR为18%，全球减薄设备主要由日本企业主导，CR3高达85%。全球减薄机厂商主要包括日本DISCO、东京精密、G&N、Okamoto Semiconductor Equipment Division等，2022年CR2约68%，CR3约为85%，其中DISCO份额最高，占据全球主导地位。
- 减薄机头部公司DISCO、东京精密的单台设备在300~500万人民币左右，且该设备全自动化程度非常高，国内目前制造减薄机的厂商很少，包括个别研究所，如郑州第三研磨所、中电科，还有华海清科、迈为股份、晶盛机电等，国产减薄机价格也在300万人民币左右，一台减薄机一年产能在6万片左右，也与实际研磨量有关。

◆ 图：2023年我国进口研磨机金额为4.4亿美元，同比+16%，2017-2023年CAGR为18%



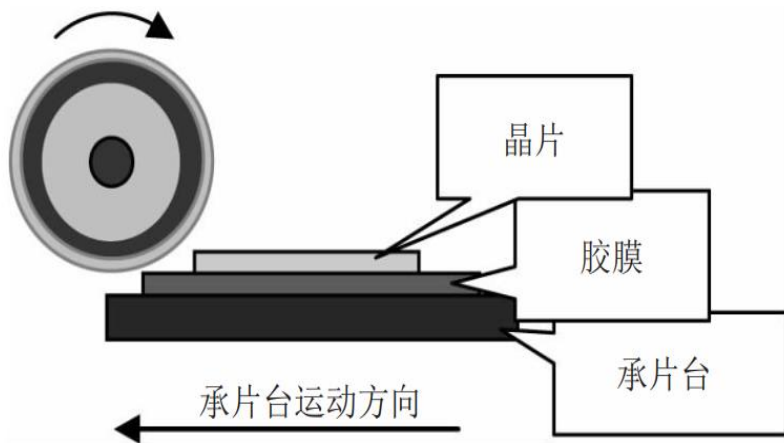
◆ 图：2022年海外龙头为DISCO、东京精密等，CR3约85%



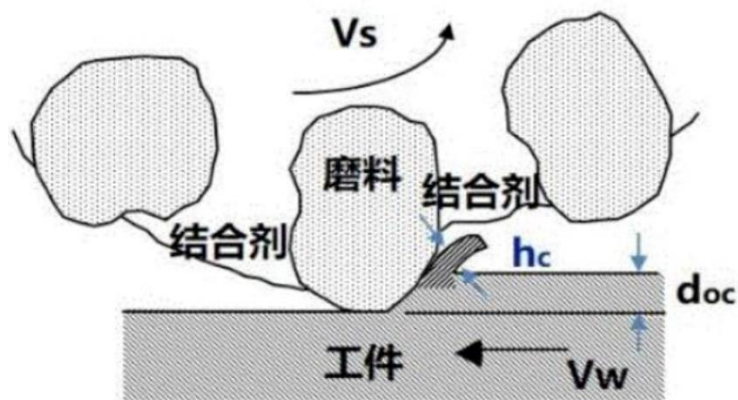
## 2.3.划片机：分为砂轮切、激光切，目前砂轮切为主流

- 一个晶圆通常由几百个至数千个芯片连在一起。它们之间留有80um至150um的间隙，此间隙被称之为划片街区（Saw Street）；将每一个具有独立电气性能的芯片分离出来的过程叫做划片或切割（Dicing Saw）。可分为砂轮切割和激光切割两种方式。
- 砂轮切割是目前应用最为广泛的一种划片方式。主要采用金刚石颗粒和粘合剂组成的刀片，经主轴联动高速旋转，与被加工材料相互磨削，并以一定速度进给将晶圆逐刀分割成独立芯片。在工艺过程因残余应力和机械损伤导致的崩裂等缺陷，是制约砂轮划片发展的主要问题。

◆ 图：砂轮切割原理



◆ 图：刃厚、刃长与划切深度



## 2.3.划片机：分为砂轮切、激光切，目前砂轮切为主流

- 影响切片质量的关键因素包括主轴、水源、承片台、刀具等。

◆ 图：影响划切质量关键的因素



## 2.3.划片机：刀片为关键耗材

- 刀片关键在于金刚石颗粒的大小、密度和粘结材料，要兼顾切割质量、刀片寿命和生产成本。（1）颗粒大小：金刚石颗粒尺寸影响划片刀的寿命和切割质量，较大的金刚石颗粒度可以在相同的刀具转速下，磨去更多的硅材料，因而刀具的寿命可以得到延长，然而它会降低切割质量(尤其是正面崩角和金属/ILD得分层)，所以对金刚石颗粒大小的选择要兼顾切割质量和制造成本；（2）密度：高密度的金刚石颗粒可以延长划片刀的寿命，同时也可以减少晶圆背面崩角，低密度的金刚石颗粒可以减少正面崩角；（3）粘结材料：硬的粘结材料可以更好地“固定”金刚石颗粒，因而可以提高划片刀的寿命，而软的粘结材料能够令金刚石颗粒保持尖锐的棱角形状，因而可以减小晶圆的正面崩角或分层，但代价是划片刀寿命的缩短。

◆ 图：硬刀



◆ 图：软刀

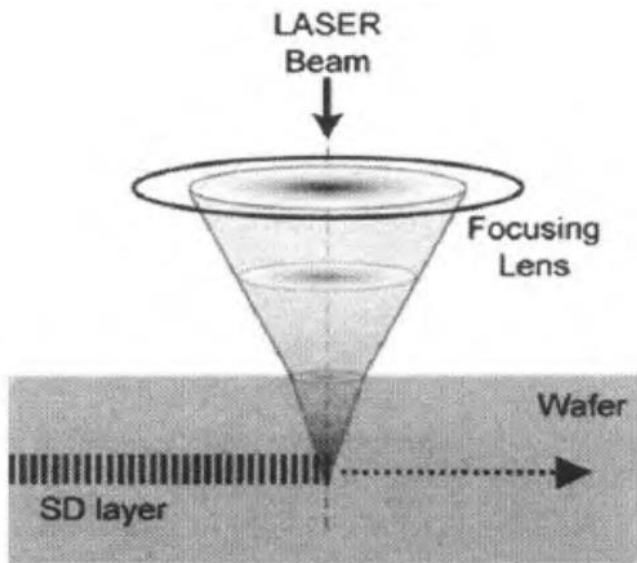




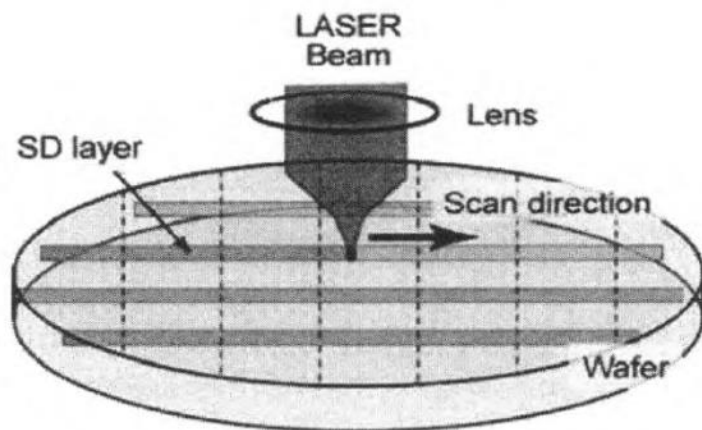
## 2.3.划片机：随着器件进一步缩小，激光切有望成为下一代主流

- 随着芯片特征尺寸的不断缩小和芯片集成度的不断提高，特别是在超薄硅晶圆、低k介质晶圆领域，砂轮划片容易带来崩裂、膜层脱落等问题，激光切割可避免上述问题，同时在小尺寸及 MEMS 芯片方面，凸显出愈发重要的优势，**激光切割主要可分为激光隐形切割和激光烧蚀切割两种。**
- **(1) 激光隐形切割：**隐形切割技术是将半透明波长的激光束通过光学聚焦透镜聚焦于晶圆内部，在晶圆内部形成分割用的起点，即改质层，再对晶圆施加外力将其分割成独立芯片的技术，一般包括激光切割和芯片分离两个过程。一方面隐形切割只作用于晶圆内部，产生碎屑有限，同时非接触加工可有效避免砂轮切割时的损伤崩边；同时隐形切割不会造成划片间道的损失，可以提高晶圆利用率。

◆ 图：激光束设计及改质层形成原理



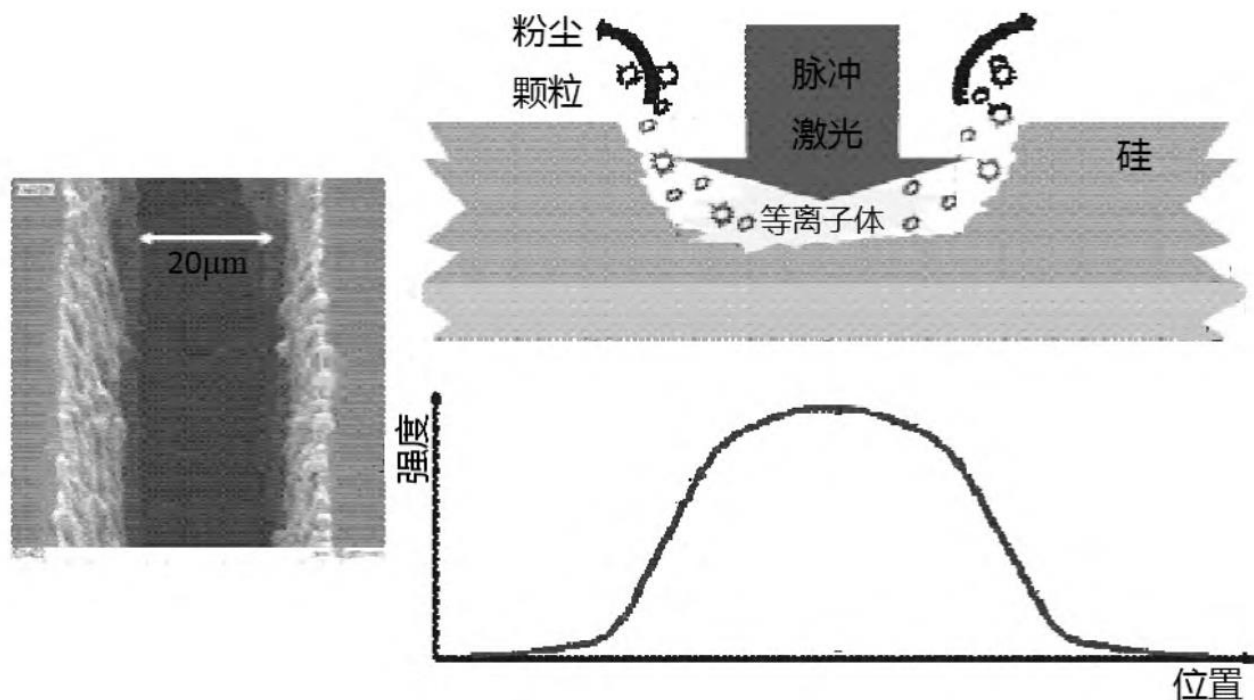
◆ 图：晶圆激光隐形切割示意



## 2.3.划片机：随着器件进一步缩小，激光切有望成为下一代主流

- (2) 激光烧蚀切割：利用高能脉冲激光，经光学系统准直和聚焦后，形成能量密度高、束斑尺寸只有微米级的激光束，作用于工件表面，使被照射区域局部熔化、气化，从而使划片间道材料去除，最终实现开槽或直接划透。激光烧蚀切割以高温为作用机理，在烧蚀边缘会形成被加工材料频繁重铸等现象的热影响区域，关键在于如何控制热影响区大小。根据所加工材料对不同波长激光的吸收特性，选择相应激光器和光学系统。

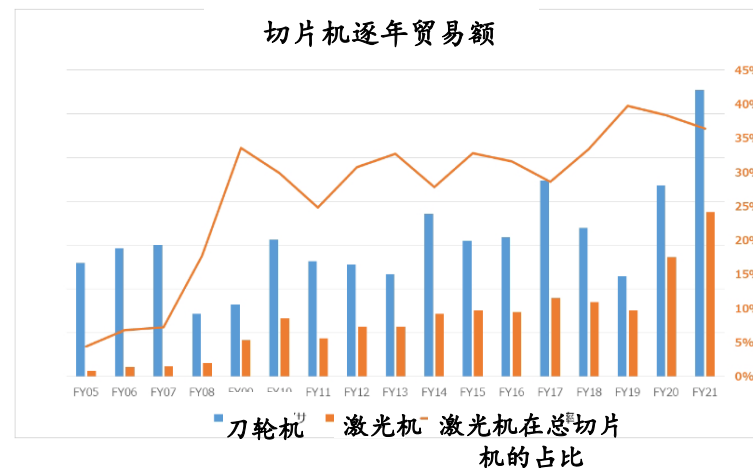
◆ 图：激光烧蚀切割基本原理







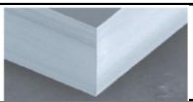
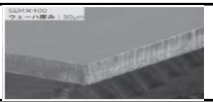
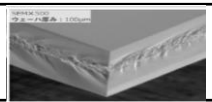
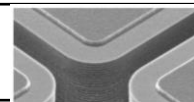
## 2.3.划片机：分为砂轮切、激光切等，目前砂轮切为主流

- 激光与刀轮划片机不存在竞争关系，可以增加彼此的销量。据DISCO统计，刀轮划片机与激光划片机随着时间的推移销量都在不断上升，同时激光划片机在所有划片机销售额中的占比不断增加，由最开始的5%到21年的38%左右。可见，激光划片机以支持刀片切割机薄弱的领域发展，与刀片切割机不存在竞争关系。

◆ 图：激光划片机与刀轮划片机销量均在上升



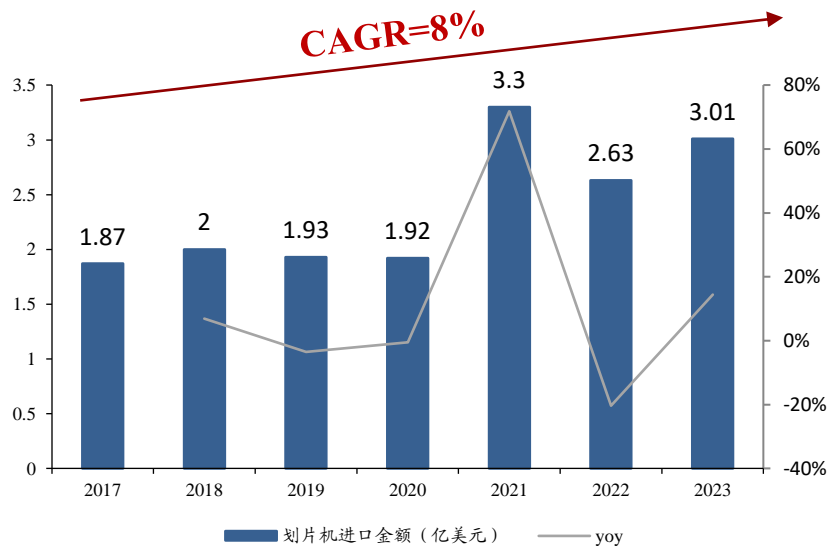
◆ 表：各类划片机技术对比

	刀轮切	激光切（烧蚀切）	激光切（隐形切）	等离子切
图例				
加工方法	用刀片（砂轮）加工	在加工过程中，激光在局部聚焦，使固体升温和蒸发。	将激光聚焦到工件内部，形成改性层，然后用外力将其破坏的过程。	使用等离子蚀刻气体去除切割区域的工艺
横截面				
特点	用途广泛，通过更换刀片可用于多种材料；取得了大量成就，并在技术上建立了良好的基础。	非接触式加工，机械负荷低；适用于刀片难以处理的硬质材料。	由于内部加工，加工碎屑少；可以不用水进行干式加工。	用于一次性加工整个晶片表面，用于微型芯片；加工损伤小，切屑强度高
使用	大多数集成电路/LSI	去除高速逻辑集成电路中使用的机械强度低的电介质（低K薄膜）	具有微机械结构的MEMS设备；成像设备对加工碎屑不敏感。	RFID等

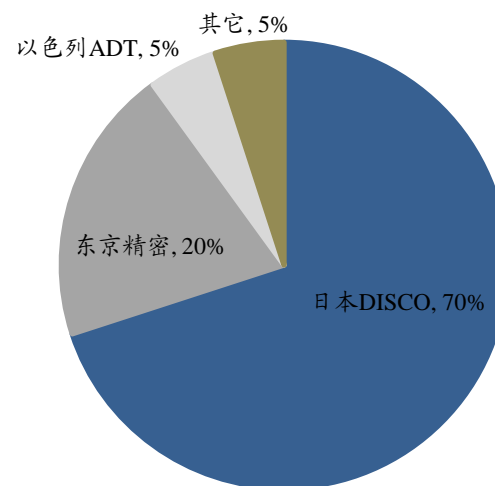
## 2.3.划片机：海外龙头为DISCO、东京精密、ADT等，CR3约95%

- 2023年我国进口划片机金额为3.0亿美元，同比+14%，2017-2023年CAGR为8%，全球减薄设备主要由日本企业主导，CR3约95%。DISCO、东京精密、以色列ADT（已被光力科技收购）等三家为半导体划片机龙头，市占率合计约95%。2021年DISCO约占据70%市场份额，东京精密次之，划片机国产化率不足5%。
- DISCO刀轮划片机一台价格300-500万人民币左右，激光划片机一台价格在250万人民币左右，激光划片机格低于刀轮划片机的原因在于激光划片机体积较小，且对精度没有过高的要求；一台刀轮划片机切割12寸晶圆的产能大概为一个月1万片左右。

◆ 图：2023年我国进口划片机金额为3.0亿美元，同比+14%，2017-2023年CAGR为8%



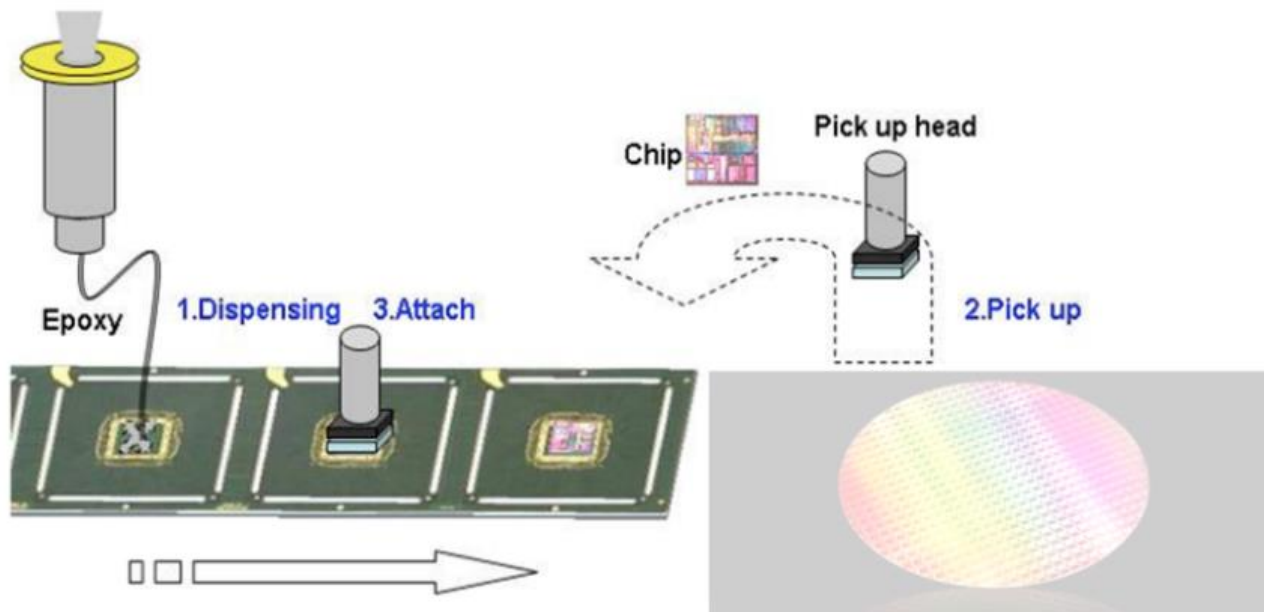
◆ 图：2021年全球半导体划片机龙头为DISCO，市占率约70%



## 2.3.贴片机（固晶机）：主要起到抓取、贴放芯片作用

- **贴片机（Die bonder），也称固晶机**，将芯片从已经切割好的晶圆（Wafer）上抓取下来，并安置在基板对应的Die flag上，利用银胶（Epoxy）把芯片和基板粘接起来。贴片机可高速、高精度地贴放元器件，并实现定位、对准、倒装、连续贴装等关键步骤。
- **固晶机主要由点胶系统、物料传输系统、固晶系统、视觉系统组成**。首先由点胶系统在封装基板对应位置上进行点胶，而后固晶系统与物料传输系统相互配合，从蓝膜上精确地拾取芯片，准确地将芯片放置在封装基板涂覆了粘合剂的位置上；接着对芯片施加压力，在芯片与封装基板之间形成厚度均匀的粘合剂层；在承载台和物料传输系统的进给/夹持机构上，分别需要一套视觉系统来完成芯片和封装基板的定位，将芯片位置的精确信息传递给运动控制模块，使运动控制模块能够在实时状态下调整控制参数，完成精确固晶。

◆ 图：贴片机作业原理



## 2.3.贴片机（固晶机）：设备的速度和精度是重要指标

- 设备主要性能指标为贴片精度和贴片效率。目前大部分贴片机要么满足高精度贴片，要么为高效率贴片，同时满足两项指标是当前面临的挑战。贴片机主要性能指标受到精确的视觉对位系统、合理的结构布局、精密的运动控制和完善的系统软件等影响。

◆ 图：设备的速度和精度是重要指标



### 精度提升

- 与传统封装相比，**先进封装满足芯片高集成度的需求，I/O接口更多，密度更大，对贴片机的稳定性和精度要求更高，在精度上提高了5-7倍**

### 效率提高

- 贴片机可高速、高精度地贴放元器件，并实现定位、对准、倒装、连续贴装等关键步骤，对比传统封装贴片机封装速度，先进封装中FC封装贴片机提高4倍速度，FO封装贴片机提高三倍速度

### 良率上升

- 根据思摩尔公司的测算，当良品率进一步从85%增加至95%，对应的毛利率将增加17.3%；先进封装贴片机良率大于99%，为提升利润打好基础

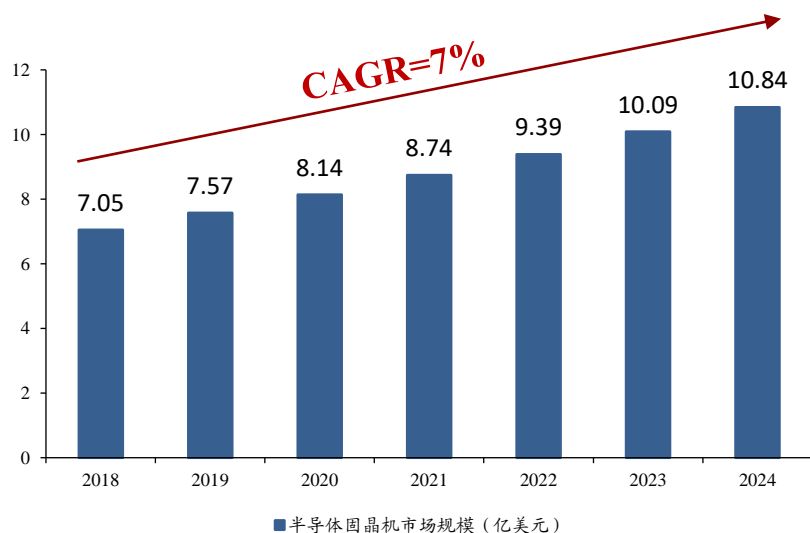
## 2.3.贴片机（固晶机）：海外龙头BESI、ASM为主，CR2约60%

- 根据Yole，半导体贴片机2023年全球市场规模为10亿美元，2018年-2024年CAGR达到7.43%。贴片机市场基本被国外公司所垄断，2021年ASM和Besi占据全球前两位，CR2在60%左右。国内龙头为新益昌，但新益昌以较为低端的LED贴片机为主。国外固晶机单台售价500万人民币左右，国产固晶机300万人民币左右。
- 贴片机在细分领域国产化率呈现两极分化态势，IC贴片机因更注重小尺寸精度要求，开发难度较大，国产化率较低；LED贴片机则更重视固晶效率和良率，国产化在成本上更具优势，国产化率已超90%。

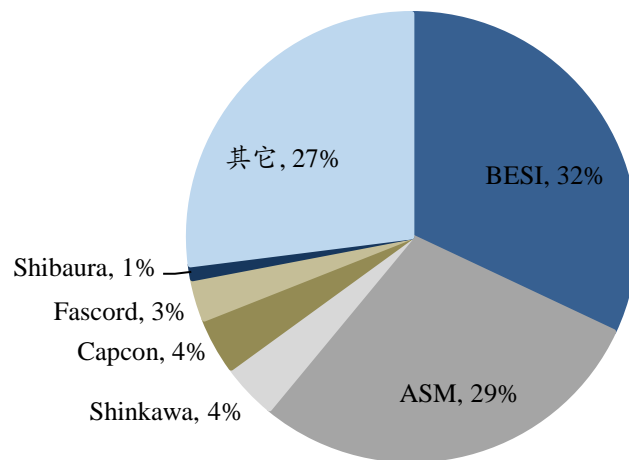
◆ 表：固晶机类别

细分行业	固晶运用工艺段	固晶机类别
IC	原材料-晶圆制造-封测(封测过程为固晶机运用工序点)	IC固晶机
分立器件	原材料-晶圆制造-封测(封测过程为固晶机运用工序点)	分立器件固晶机
LED	外延片-芯片制造-封测(封测过程为固晶机运用工序点)	LED类固晶机、贴片固晶机、COB固晶机

◆ 图：2023年全球半导体贴片机市场规模约10亿美元



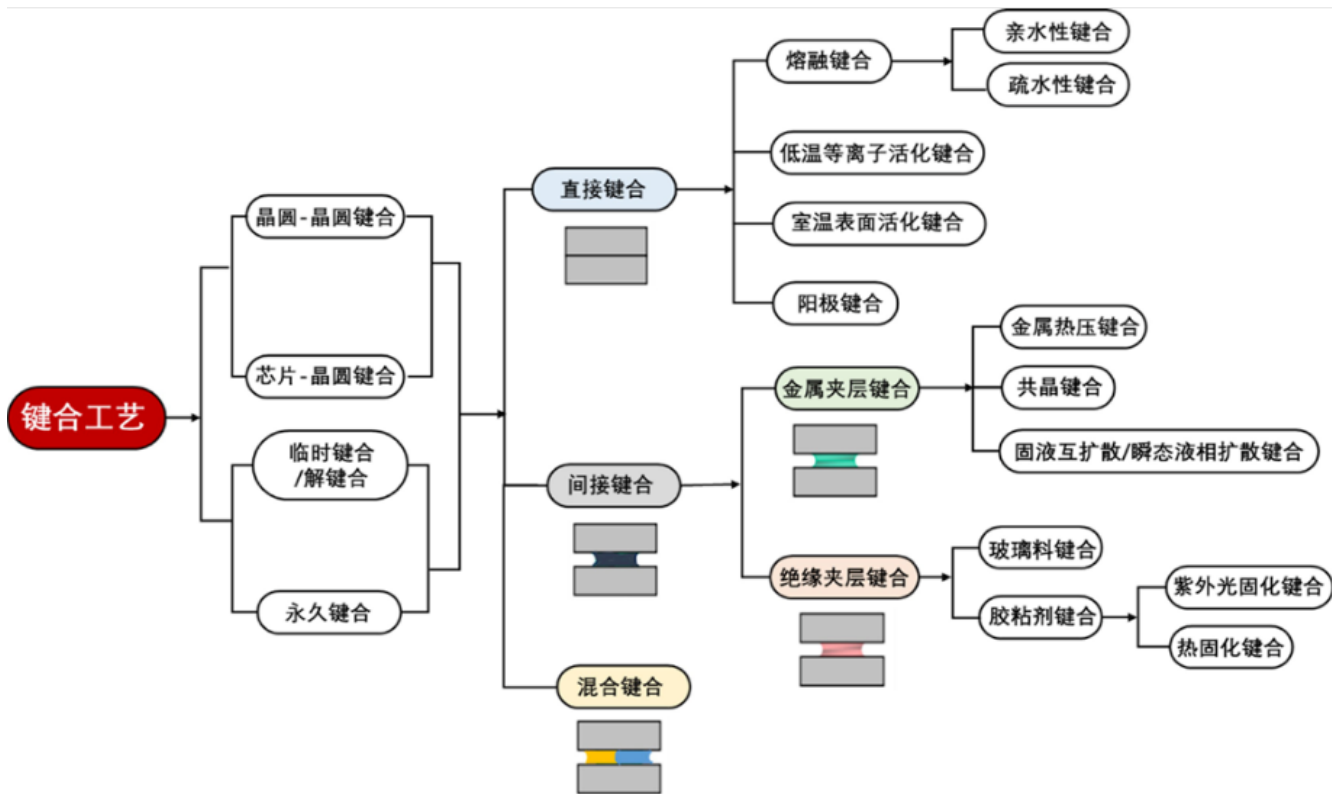
◆ 图：2021年全球贴片机国外龙头为BESI、ASM等



## 2.4.键合机：种类多元，主要将两片晶圆进行结合

- 键合（Bonding）是通过物理或化学的方法将两片表面光滑且洁净的晶圆贴合在一起，以辅助半导体制造工艺或者形成具有特定功能的异质复合晶圆。键合技术有很多种，通常根据晶圆的目标种类可划分为晶圆-晶圆键合（Wafer-to-Wafer, W2W）和芯片-晶圆键合（Die-to-Wafer, D2W）；根据键合完成后是否需要解键合，又可分为临时键合（Temporary Bonding）和永久键合（Permanant Bonding）；根据待键合晶圆间是否引入辅助界面夹层，还可分为直接键合键合、间接键合、混合键合（Hybrid Bonding）等；根据传统和先进与否，传统方法包括引线键合（Wire Bonding），先进方法采用倒装芯片键合（Flip Chip Bonding）、混合键合等。

◆ 图：键合机种类多样

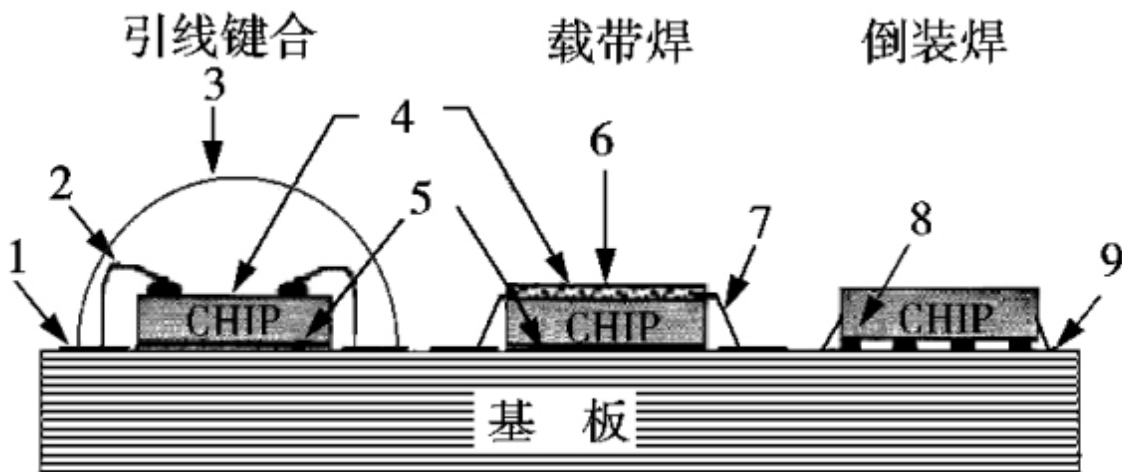




## 2.4.键合机：引线键合目前为主流方式

- 电子元件中芯片直接粘合在基板上，芯片内部输入和输出之间的互联就需要用到键合，包括三种方式——引线键合、载带自动键合和倒装芯片键合。（1）引线键合（Wire Bonding）是用金属丝将集成电路芯片上的电极引线与集成电路底座外引线连接在一起的过程，是目前应用最广泛的一种键合方式。（2）载带自动键合（TAB, Tape Automated Bonding）：随着WB无法适应电子整机高密度、超小超薄、芯片尺寸和焊区越来越小而出出现的，包括芯片焊区凸点形成、载带引线制作、内引线焊接、基板粘接和外引线焊接等。（3）倒装芯片键合（FCB, Flip Chip Bonding）：芯片面朝下、将芯片焊区和基板焊区直接互连的键合方法，一般先将芯片的焊区形成一定高度的金属凸点后再倒装焊到基板焊区上。

◆ 图：引线键合、载带焊、倒装焊



- 1——焊盘；2——引线；3——环氧树脂；4——有源面；  
 5——粘合剂；6——芯片压焊区；7——载带引脚；  
 8——凸点；9——填充物。

## 2.4.键合机：引线键合目前为主流方式

- 引线键合根据键合能量使用的不同可以分为热压键合法、超声键合法和热超声键合法。（1）热压键合法：利用微电弧使键合丝的端头熔化成球状，通过送丝压头压焊在引线端子上形成第一键合点；而后送丝压头提升移动，在布线板对应的导体布线端子上形成第二键合点，完成引线连接过程。（2）超声键合法：超声键合法主要应用于铝丝的引线连接，超声波能量被铝丝中的位错选择性吸收，使铝丝在非常低的外力作用下可处于塑性变形状态，铝蒸镀膜表面上形成的氧化膜被破坏，露出清洁的金属表面，便于键合。（3）热超声键合法：在超声键合机中引入加热器辅助加热，键合工具采用送丝压头，并进行超声振动，具有更高的效率和更广泛的用途，但是工艺过程较复杂。

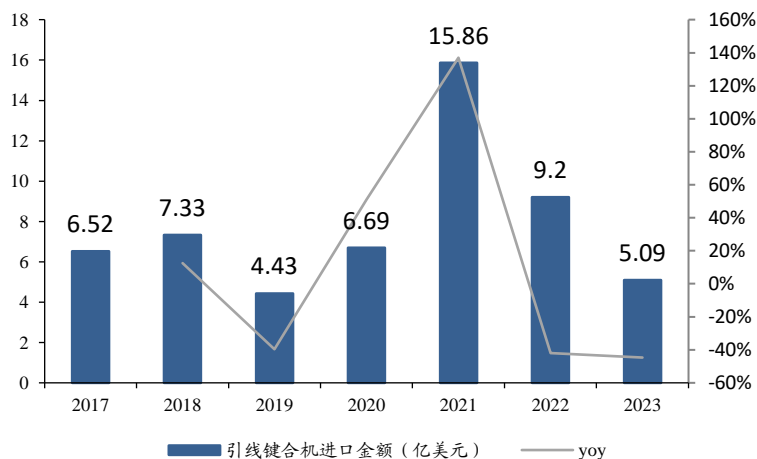
◆ 图：三种引线键合方法的比较

键合方法	热压键合法	超声键合法	热超声键合法
适用材料	Au,Cu	Au,Cu,Al	Au,Cu
键合温度	300~500°C	室温	100~150°C
键合压力	无	有	有
优点	键合强度高;可在同一位置能再次键合; 工艺简单, 无方向性问题。	不需要加热;对表面洁净度不十分敏感; 金属间化合物等引发的合金劣化问题小。	键合温度和压力较低;对表面洁净度不十分敏感;无方向性问题。
缺点	对表面洁净度敏感;加热以及金属间化合物等可能引发合金劣化。	对表面粗糙度敏感;有方向性问题; 铝丝在加工过程中存在加工硬化。	工艺控制比热压键合法复杂
适用范围	金丝键合;单片式大规模集成电路 (LSI、VLSI)	铝丝键合(一般添加硅等);需要密封; (铝丝在湿气中可能有劣化问题)	芯片 LSI 的内部布线、连接等

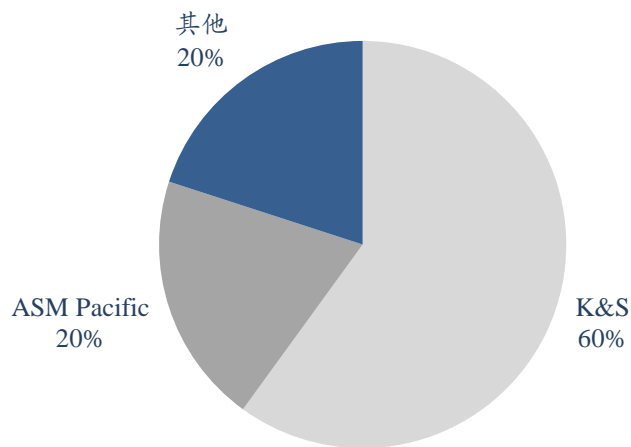
## 2.4.键合机：引线键合机海外K&S、ASM为龙头，CR2约80%

- 受下游需求影响，2023年我国引线键合机进口市场空间约5.1亿美元，同比-45%，2021年高峰期进口市场空间约15.9亿美元，包括金铜线键合机和铝线键合机。其中铝线键合机数量占比约为10~15%，约3000-4000台，单台价值量约为25万美元，市场空间约为40-50亿元人民币；金铜线键合机数量占比约为85~90%，单台价值量较低，约为5-6万美元，约80亿元人民币左右。
- 海外K&S（库力索法）、ASM为半导体键合机龙头，2021年CR2约80%。铝线键合机为K&S在2010年收购的美国公司OE业务，键合机本身也属于焊接，符合K&S的生产文化，2020年之前汽车电子、功率器件，尤其是汽车电子市场K&S市占率高达90%，K&S的Asterion和PowerFusion产品竞争力较强；2020年下半年以来浮现出了竞争对手，如ASM Pacific、奥特维等，K&S在逐步减少功率器件IGBT市场的投入，将重心逐步放至汽车电子。国外龙头单台售价25万美金/台（按照2024年4月13日汇率7.24计算，对应人民币约180万元），国产设备130万人民币左右。

◆ 图：2023年我国进口引线键合机金额为5.1亿美元，同比-45%



◆ 图：2021年全球引线键合设备K&S、ASM为龙头，CR2约80%



## 2.4. 键合机：临时键合&解键合（TBDB）满足大尺寸超薄晶圆要求

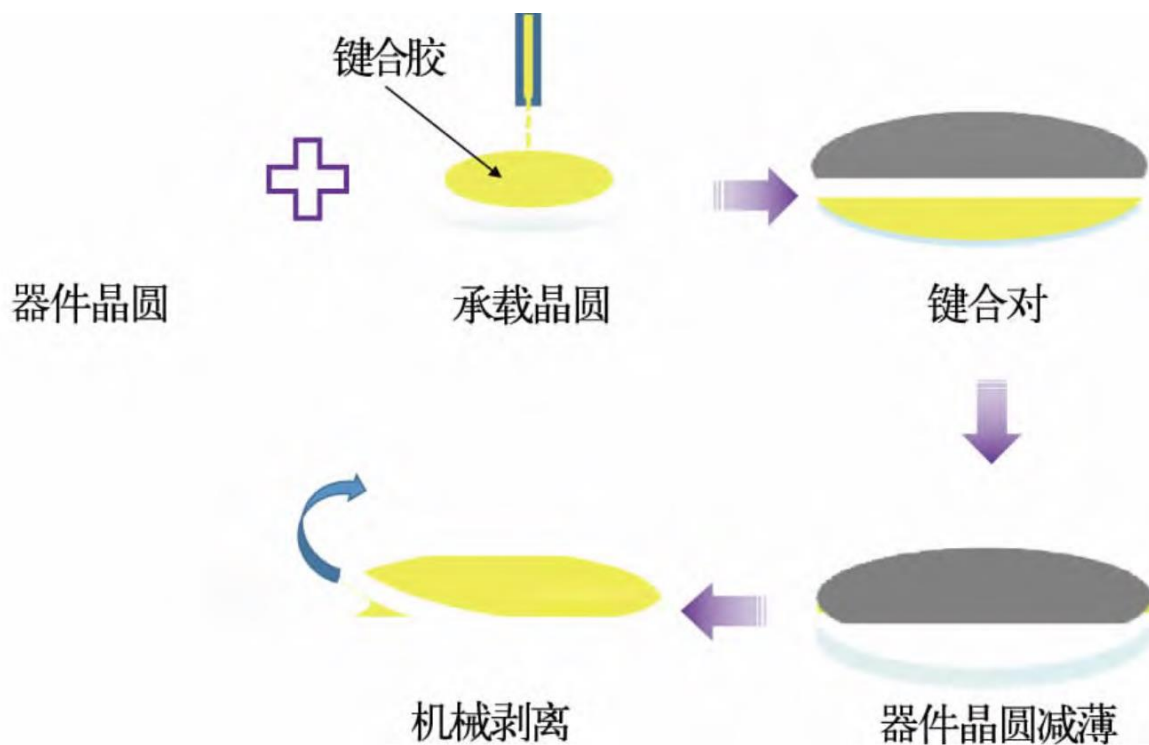
- 临时键合&解键合（TBDB, Temporary bonding and debonding）是处理超薄晶圆背面制程工艺的关键支撑手段。晶圆朝着大尺寸、多芯片堆叠和超薄化方向发展，晶圆减薄（低于 100 $\mu\text{m}$ ）主要是为了满足 TSV 制造和多片晶圆堆叠键合总厚度受限的需求，但大尺寸薄化晶圆的柔性和易脆性使其很容易发生翘曲和破损，为了提高芯片制造的良率、加工精度和封装精度，需要一种支撑系统来满足苛刻的背面制程工艺（如光刻、刻蚀、钝化、溅射、电镀、回流焊和划切工序等）。
- 在此背景下临时键合与解键合应运而生，根据解键合方式的不同，临时键合和解键合主要分为机械剥离、湿化学浸泡、热滑移和激光解键合4种方法。

◆表：不同 TBDB 技术的总结

TBDB技术	解键合温度（℃）	耐受温度（℃）	优点	缺点
机械剥离法	室温	<300	在室温下解键合，成本低	破片率较高，产能低
湿化学浸泡法	室温	<300	在室温下解键合，成本低	产能过低
热滑移法	150~235	<250	工艺简单，成本低	产能低，仅适用小尺寸晶圆解键合
激光解键合法	室温	<350	产能高，工艺窗口宽，能够满足大于8英寸的大尺寸晶圆的解键合	设备成本较高

- （1）机械剥离法：对于不能承受高温和高热应力的器件晶圆，在室温下实现键合对的机械剥离是一种低成本~~的~~解决方案。机械剥离法相对简单粗暴，将薄片插入载板与器件晶圆中间，通过向上的拉力和旋转的剪切力剥离载板。超薄器件晶圆采用该方法会因为过大的机械应力而出现较高的破片率。此外，在机械剥离之前通常先将键合对转移到切割胶带上以降低薄晶圆破损的风险。通过配套的专用机械解键合设备甚至能够实现12英寸极薄晶圆(厚度5.6 $\mu\text{m}$ )的剥离，然而该种专用机械解键合设备的高成本限制了其应用。

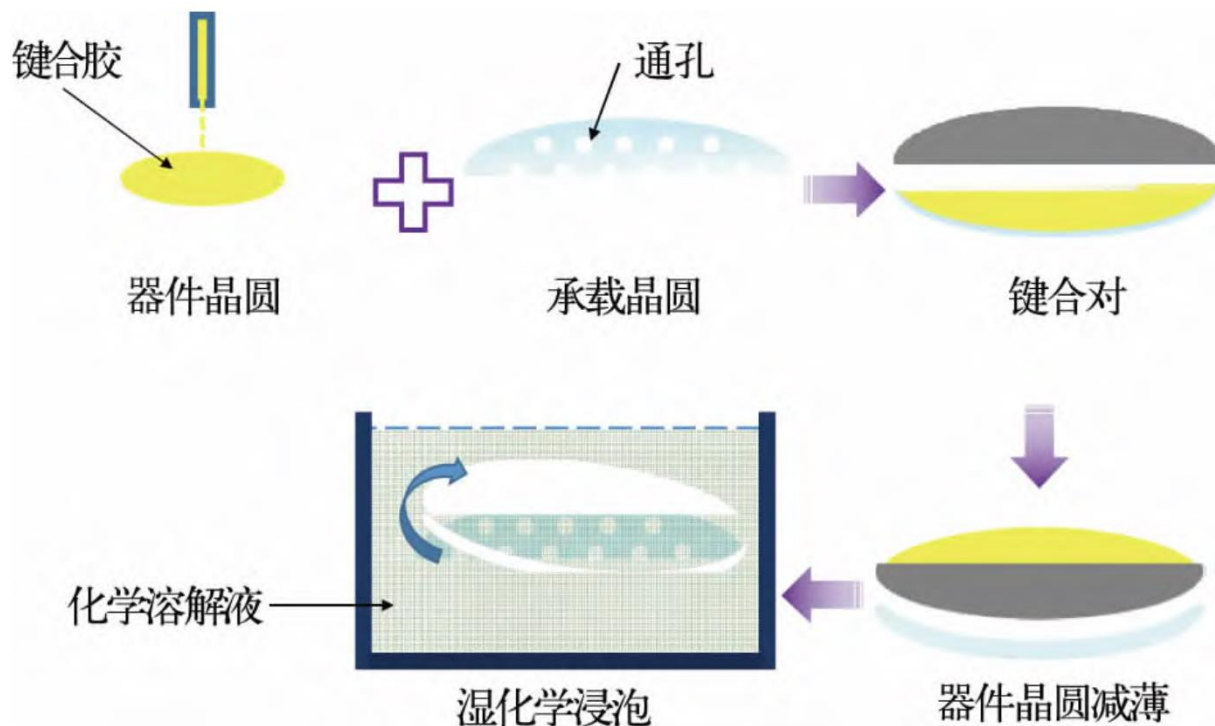
◆ 图：机械剥离法的基本流程



## 2.4. 键合机：临时键合&解键合（TBDB）满足大尺寸超薄晶圆要求

- （2）湿化学浸泡法：根据临时键合胶在特定溶剂中的溶解特性，可以通过溶剂浸没去除键合胶层，直接分离器件晶圆，这种方法被称为湿化学浸泡法。湿化学浸泡法主要包括以下3个步骤：①通过临时键合胶将带有通孔的承载晶圆与器件晶圆进行键合；②对器件晶圆进行减薄、研磨、重布线层(RDL)和球化等制程工艺；③将键合对放置在装有溶剂的容器内，放置一段时间后键合胶逐渐溶解，从而实现器件晶圆的剥离。
- 临时键合材料的特性对化学法尤为重要。相比于热塑性树脂，热固性树脂具有良好的热稳定性和化学稳定性。然而热固性树脂通过固化反应发生分子间交联，会形成很难溶解和熔化的网状结构；另外在解键合过程中大量溶剂的消耗以及特制的多孔载板也会增加额外的成本。

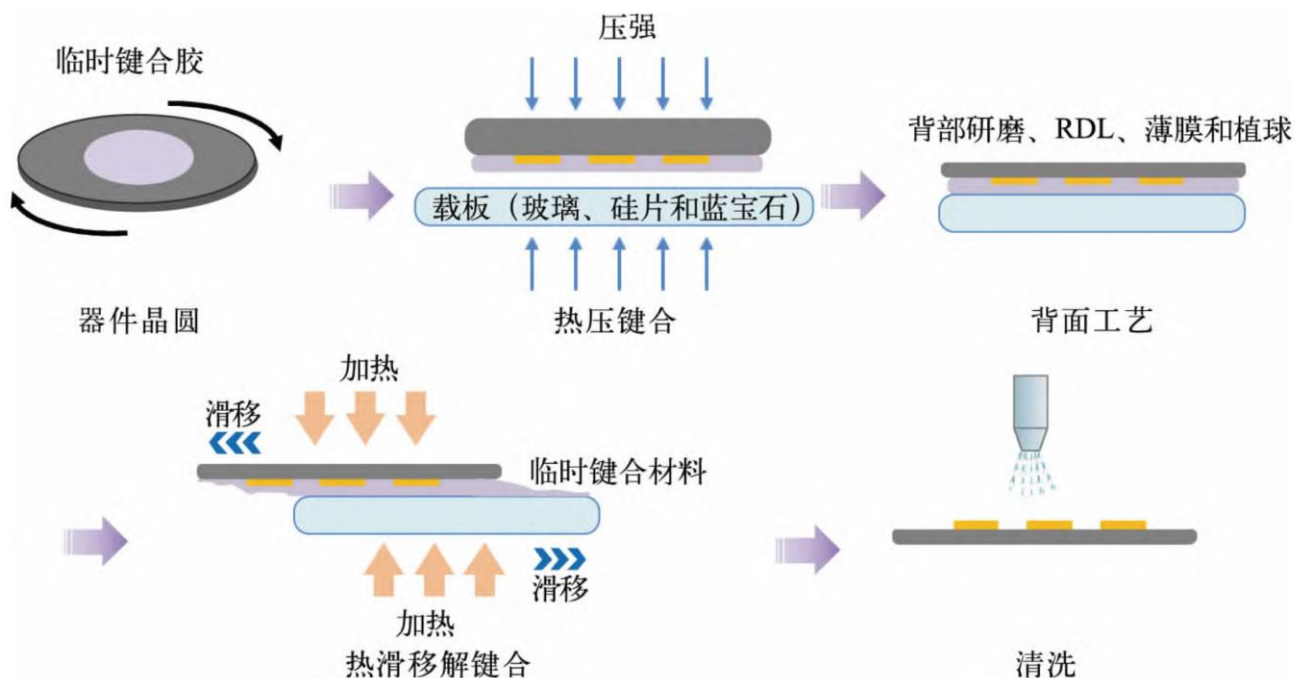
◆ 图：湿化学浸泡法的基本流程



## 2.4. 键合机：临时键合&解键合（TBDB）满足大尺寸超薄晶圆要求

- （3）热滑移解键合：热塑性材料在溶剂清洗过程中易于从器件晶圆上去除，其被认为是最适合用于临时键合胶的材料且对器件晶圆表面的结构损伤较小。热滑移法是将器件晶圆放置在真空吸附工作台上，采用可加热吸盘吸附载板，通过加热使键合胶材料软化，再施加剪切力使器件晶圆侧向滑移出载板。
- 热滑移法面临多种工艺的挑战和限制。在高温下使用临时键合胶来降低器件晶圆的机械强度，使得半导体制程工艺的温度存在上限，未来高密度异质集成的晶圆级封装需满足更高要求的高温(高于300°C)制程工艺，热滑移法与TBDB技术的发展趋势相悖；此外在采用热滑移法的过程中，滑动产生的应力可能会导致超薄晶圆出现裂纹。薄硅的脆弱性难以满足高端芯片对极薄晶圆剥离的需求。

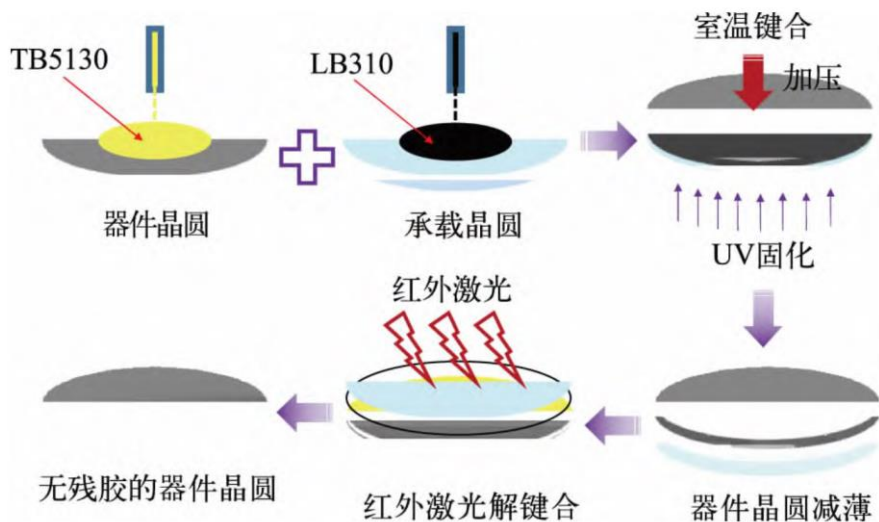
◆ 图：热滑移解键合的工艺流程



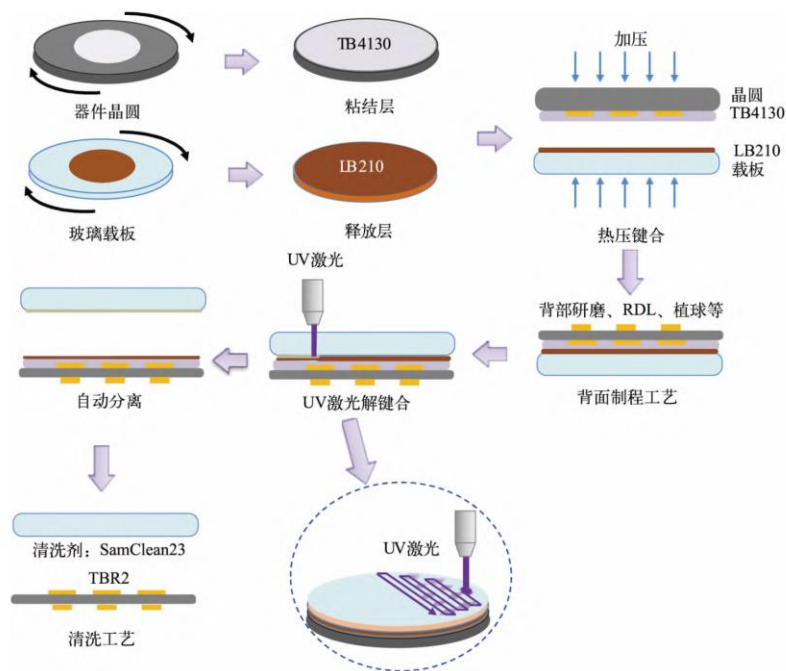
## 2.4. 键合机：临时键合&解键合（TBDB）满足大尺寸超薄晶圆要求

- **（4）激光解键合法：**是一种在室温下不使用化学物质的低应力剥离工艺，在大尺寸超薄晶圆的制造方面逐渐得到了主流应用。可分为红外激光解键合法和紫外激光解键合法，主要是利用激光穿过透明载板光子能量沉积在光敏响应材料层，进而诱发材料的快速分解、汽化甚至等离子化而失去粘性。同时快速释放的分解气体还会增大响应层界面的分离压力，从而进一步促进器件晶圆的自动分离。
- **激光解键合工艺的工作流程主要包括：**①在透明刚性载板(如玻璃、蓝宝石等)和器件晶圆表面分别涂上粘结材料和响应材料；②将透明刚性载板和器件晶圆通过光或热等方式键合在一起；③利用激光透过刚性载板辐照在响应材料层引发烧蚀，从而使器件晶圆分离；④清洗器件晶圆和透明刚性载板，载板可以多次重复使用。

◆ 图：红外激光解键合的工艺流程



◆ 图：紫外激光解键合的工艺流程

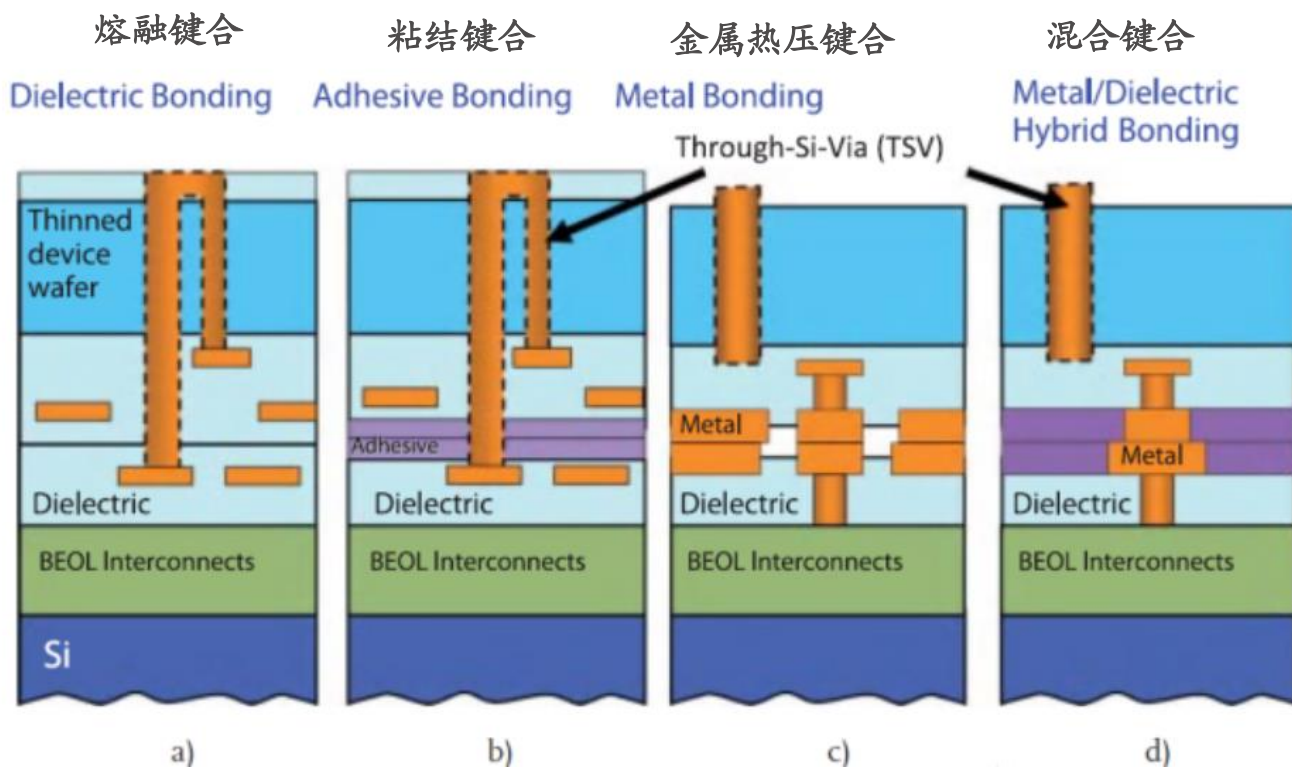




## 2.4. 键合机：永久键合无需解键合

- 永久键合为至少将两个功能晶圆永久的键合在一起以实现在正直方向上堆叠，晶圆键合后不需要将另一晶圆释放掉即解键合。根据待键合材料种类，永久键合主要分为介质键合、粘结剂键合、金属键合和金属/介质混合键合等。无论采用哪一种堆叠方式，永久键合都要满足以下条件——在键合过程中防止释放气体(低脱气量)以免在键合界面产生孔洞，形成无缝隙的键合界面微观结构，且具有足够的键合强度、优异的热稳定性和机械稳定性以支撑后续制程。

◆ 图：晶圆永久键合的主要方法

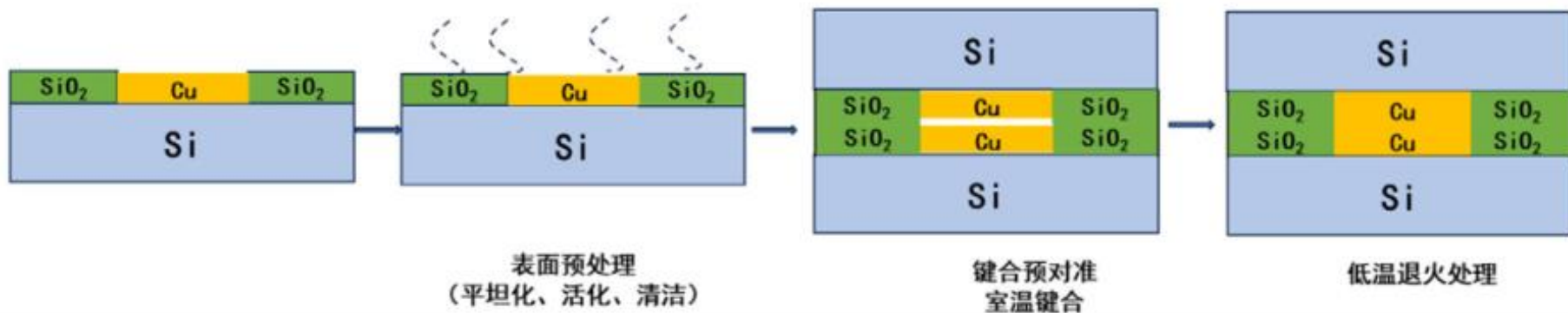


## 2.4. 键合机：为实现高密度互连，混合键合为重要发展方向

- 混合键合是因其键合界面同时包含金属和介质或聚合物(如Cu/SiO<sub>2</sub>, Cu/SiCN等)两种材料,通过堆叠接触方式将来自不同工艺的晶圆结合在一起实现电气互连。混合键合不需要金属引线或微凸点,仅通过铜触点实现短距离电气互连,可在芯片间有望实现更短的互连距离、更高密度、更低成本及更高性能。
- 典型的Cu/SiO<sub>2</sub>混合键合主要包括三个关键工艺步骤。(1)键合前预处理:晶圆需经过化学机械抛光/平坦化(CMP)和表面活化及清洗处理,实现平整洁净且亲水性表面;(2)两片晶圆预对准键合:两片晶圆键合前的进行预对准,并在室温下紧密贴合后介质SiO<sub>2</sub>上的悬挂键在晶圆间实现桥连,形成SiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>间的熔融键合,此时,金属Cu触点间存在物理接触或凹陷缝隙(dishing),未实现完全的金属间键合;(3)键合后热退火处理:通过后续热退火处理促进了晶圆间介质SiO<sub>2</sub>反应和金属Cu的互扩散从而形成永久键合。

◆ 图：混合键合工艺流程

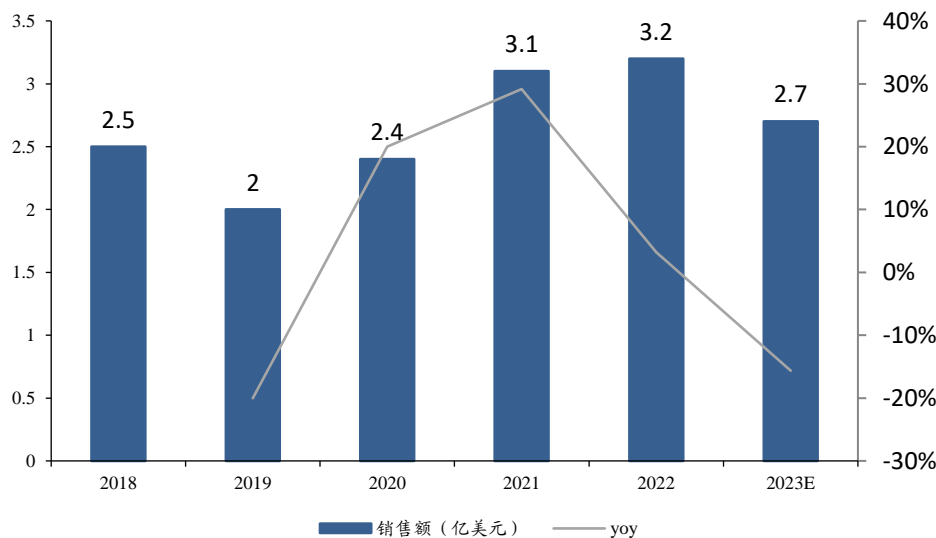
### 混合键合模型



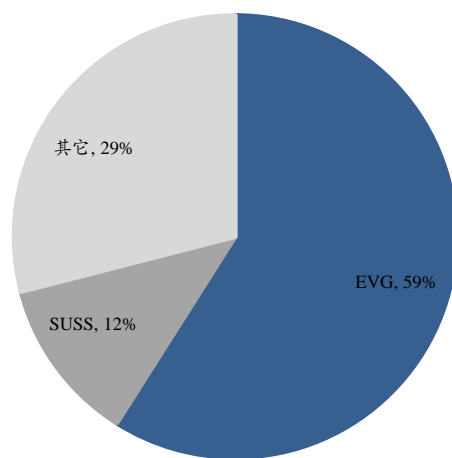
## 2.4. 键合机：晶圆键合海外龙头为EVG、SUSS等，CR2约70%

- 根据YOLE，2023年全球晶圆键合设备市场空间约2.7亿美元，2018-2023年CAGR为2%。全球晶圆键合设备消费市场主要集中在中国、日本、欧洲和美国等地区，其中中国半导体行业发展较快，晶圆键合设备销量份额最大，2022年占据全球的40%，日本占据5%，而欧洲和美国分别占有19%和11%。
- 全球晶圆键设备市场相对集中，海外龙头为EVG、SUSS等，2022年CR2约70%。国际市场上的主要生产商包括EV Group、SUSS MicroTec、Tokyo Electron、AML、Mitsubishi、Ayumi Industry、SMEE等，奥地利EV Group为全球龙头企业，2022年收入占据全球份额的59%，德国SUSS MicroTec为全球第二大企业，占据全球市场的12%，Tokyo Electron、AML、Mitsubishi、Ayumi Industry、SMEE等一共占有将近29%的市场份额。
- 从售价来看，国外临时键合机单台售价约为2000万人民币左右，解键合机单台售价1000万人民币左右，混合键合机单台售价3000万人民币左右。

◆ 图：2023年全球晶圆键合设备市场空间约2.7亿美元，2018-2023年CAGR为2%



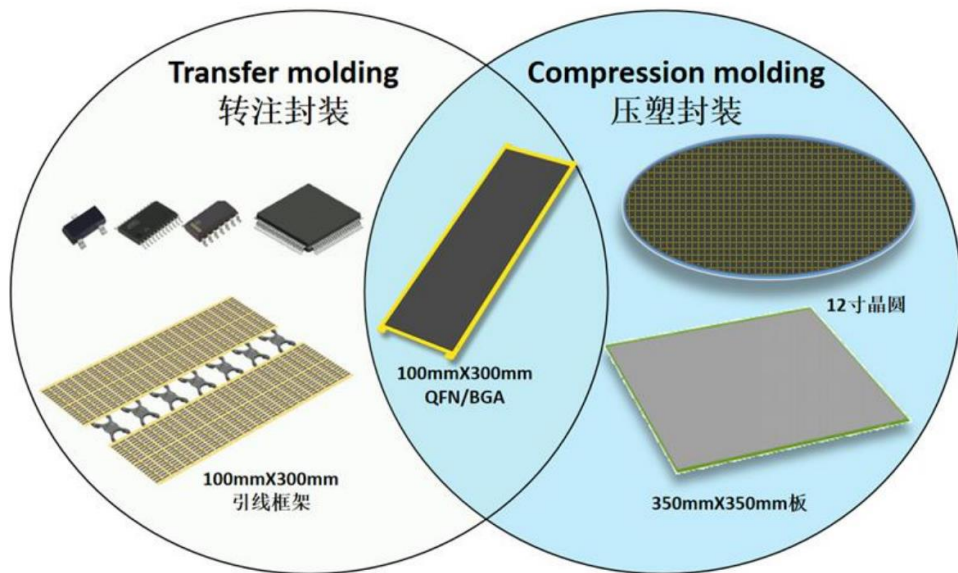
◆ 图：2022年海外龙头为EVG、SUSS等，CR2约70%



## 2.5. 塑封机：转注封装主要用于传统封装，压塑封装主要用于先进封装

- 塑封机能够将芯片可靠地封装到一定的塑料外壳内，可分为转注封装与压塑封装，先进封装背景下压塑封装为未来趋势。转注封装成型主要用于含芯片的引线框架封装成型，压塑封装成型主要用于大面积的晶圆或板级封装成型，但两者也有封装产品的交集，如含芯片的框架或基板较大面积的封装成型，如 100mmX300mm QFN 或 BGA 封装成型，所以两种成型方式不是孤立的。但随着生产效率越来越高、芯片小型化和扁平化的发展趋势，压塑封装将是发展的方向。

◆ 图：转注封装主要用于传统封装，压塑封装主要用于先进封装



◆ 图：转注封装与压塑封装的区别对比



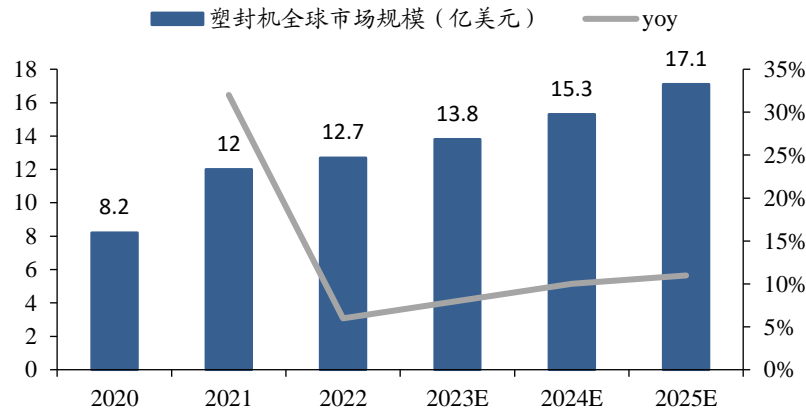
◆ 表：转注封装与压塑封装的区别对比

技术路线	工艺原理	适用领域
塑料转注成型	将圆柱状塑料固态原料放入模具料筒，塑料原料在高温高压的作用下使其熔融流动经过流道和浇口进入成型型腔并充满直至固化成产品。	含芯片的引线框架封装成型
塑料压塑成型	将粉状或液态的塑料原料直接撒入模具成型型腔，塑料原料在高温高压的作用下使其熔融流动充满整个型腔直至固化成产品的过程。该成型方法的塑料利用率接近 100%。	大面积的晶圆或板级封装成型

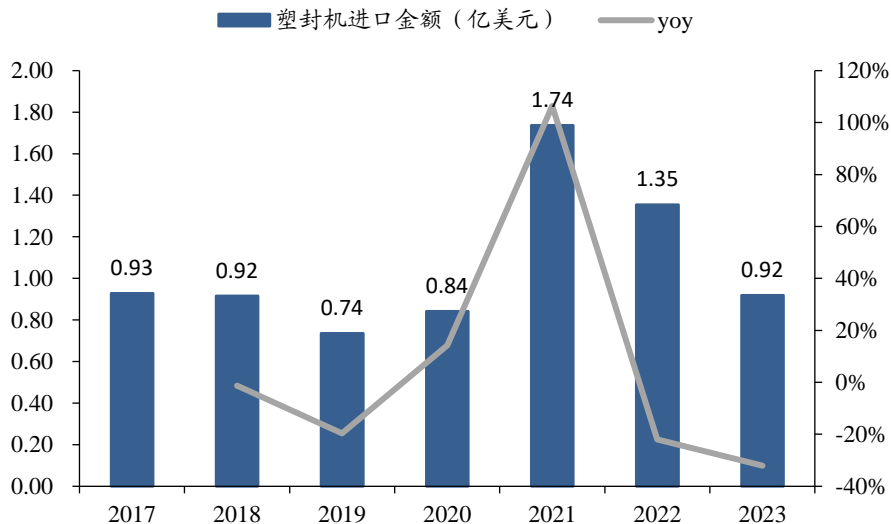
## 2.5. 塑封机：海外龙头TOWA、YAMADA等CR4达90%

- 根据灼识咨询，2023年塑封设备全球市场规模约13.8亿美元，同比+8%；根据海关数据，2023年我国塑封机进口金额约0.9亿美元，同比-32%。
- TOWA、YAMADA等海外企业占据着绝大部分的市场份额，CR4约90%。根据SEMI，2020年中国大陆半导体全自动塑料封装设备市场规模约为20亿元，其中TOWA每年销售量约为200台、YAMADA约为50台、BESI约50台、ASM约50台、文一科技及耐科装备每年各20台左右，CR4约达90%左右。

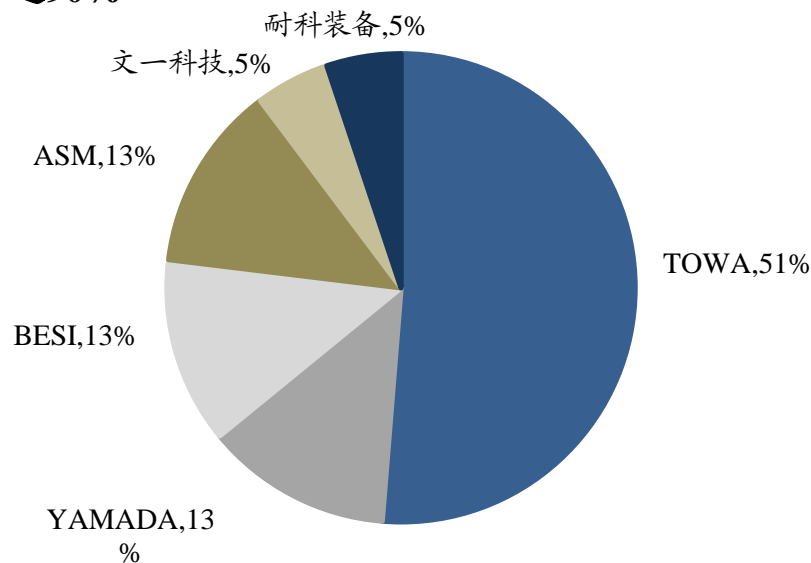
◆ 图：2023年全球塑封机市场规模约13.8亿美元，同比+8%



◆ 图：2023年我国塑封机进口金额为0.9亿美元，同比-32%



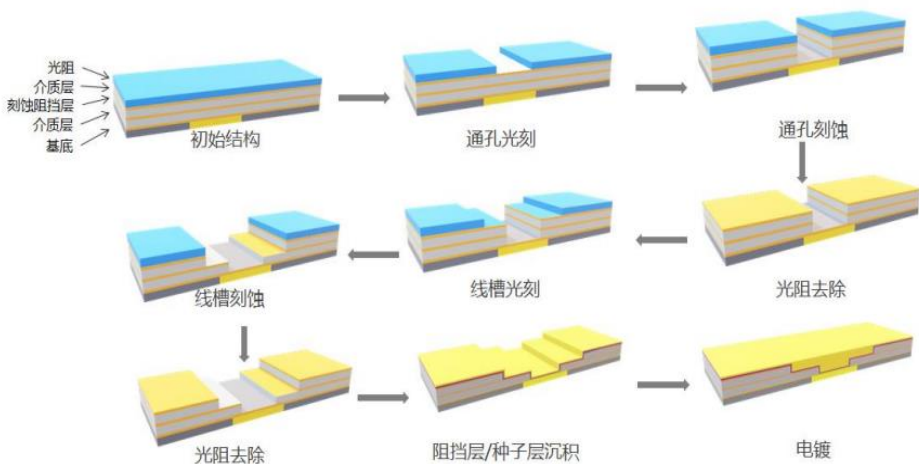
◆ 图：2022年海外龙头为TOWA、YAMADA等，CR4达90%



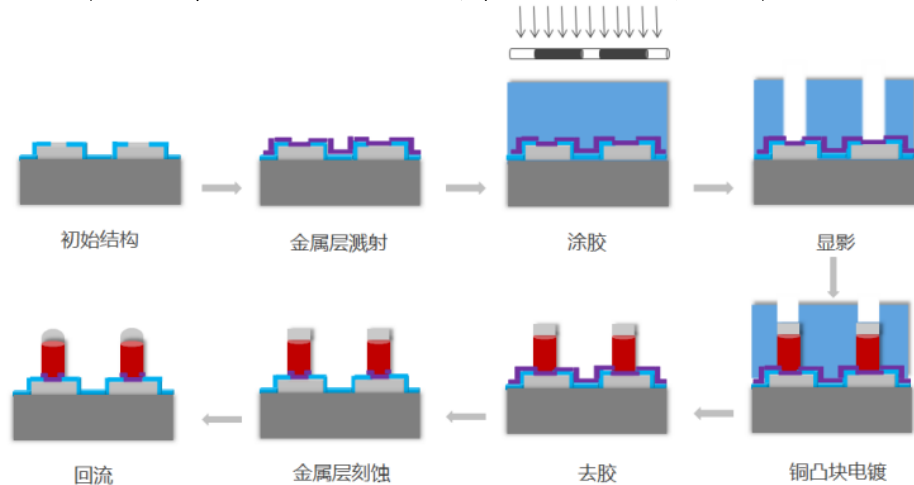
## 2.6. 电镀机：有望受益于TSV、凸块等快速放量

- (4) 电镀机：是指在芯片制造过程中，将电镀液中的金属离子电镀到晶圆表面形成金属互连。随着芯片制造工艺越来越先进，芯片内的互连线开始从传统的铝材料转向铜材料，半导体镀铜设备便被广泛采用。目前半导体电镀已经不限于铜线的沉积，还有锡、锡银合金、镍、金等金属，但是金属铜的沉积依然占据主导地位。铜导线可以降低互联阻抗，降低器件的功耗和成本，提高芯片的速度、集成度、器件密度等。
- 过去传统封装工艺中电镀机主要在封装体的特定部位上沉积金属层，例如增加引脚的导电性或在封装体外壳上提供一层防护层，随着先进封装发展，例如凸块、RDL、TSV等均需要电镀金属铜进行沉积，电镀设备有望充分受益。前道的电镀需要在晶圆上沉积一层致密、无孔洞、无缝隙等其他缺陷，并且分布均匀的铜，再配以气相沉积设备、刻蚀设备、清洗设备等，完成铜互连线工艺；后道来看，在硅通孔、重布线、凸块工艺中都需要金属化薄膜沉积工艺，使用电镀工艺进行金属铜、镍、锡、银、金等金属的沉积。

◆ 图：芯片制造前道铜互连电镀工艺示意图



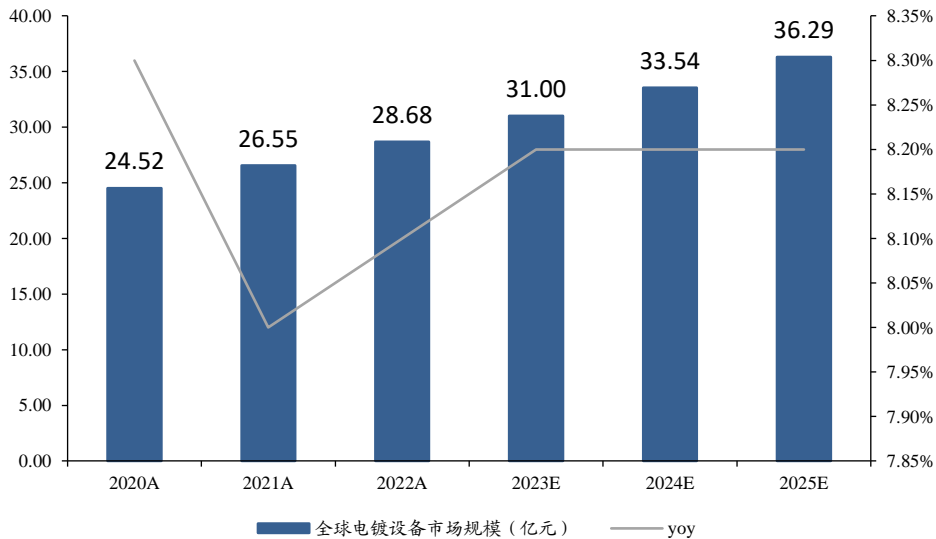
◆ 图：芯片制造后道先进封装电镀工艺示意图



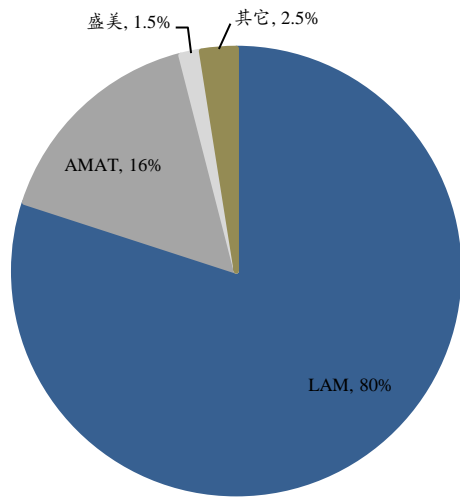
## 2.6. 电镀机：海外龙头AMAT、LAM等CR2约96%

● 根据QY Research，2023年全球晶圆电镀设备市场规模大约为31亿元，2020-2023年CAGR约为8%，全球电镀设备市场龙头主要为美系LAM和AMAT，二者合计占比约96%。据Gartner统计，2020年全球半导体电镀设备主要由国外企业占据，美国LAM占比80%，美国应用材料AMAT占比16%，盛美上海仅占比约1.5%。其中前道晶圆制造的电镀设备领域，目前全球市场主要被 LAM 垄断；后道先进封装电镀设备领域，全球范围内的主要设备商包括美国的AMAT和 LAM、日本的 EBARA 和新加坡 ASM Pacific 等；国内企业中盛美半导体较为领先。

◆ 图：2020-2025年电镀机全球市场规模（亿元），CAGR约为8%



◆ 图：2020年全球电镀设备龙头为LAM和AMAT，CR2约96%



## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- 先进封装与传统封装工艺流程最大的区别在于增加了前道图形化的工序，主要包括PVD或CVD等薄膜沉积设备、涂胶显影设备、光刻机、刻蚀机、电镀机等。先进与传统封装均需要减薄机、划片机、固晶机、塑封机、键合机等设备，与传统封装不同的是，先进封装也需要晶圆制造的前道图形化设备，如TSV需要硅刻蚀钻孔、需要PVD来制作种子铜层，凸块也需要涂胶显影、光刻、刻蚀来制作更精细的间距。

◆表：先进封装主要增量在于前道的图形化设备——薄膜沉积、涂胶显影、光刻机、刻蚀机、电镀机等

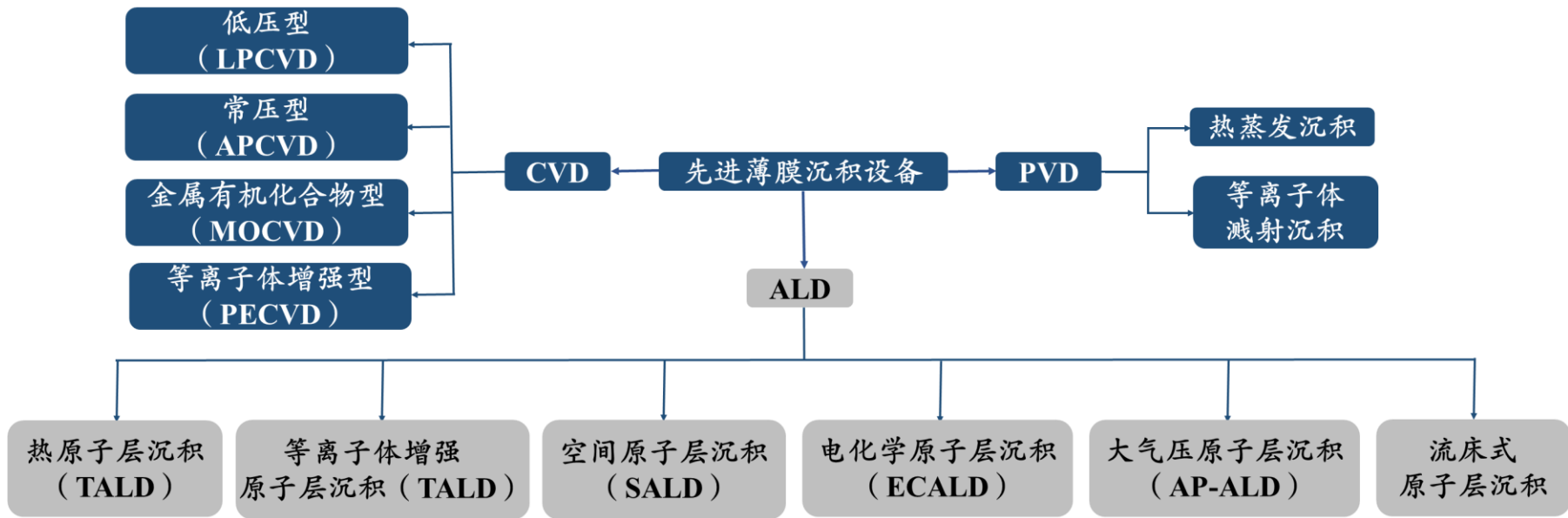
先进封装技术	涉及的主要工艺设备	功能
TSV	深孔刻蚀设备	用于在硅基板上形成垂直穿透的通孔。这些设备通常基于干法刻蚀技术，如Bosch工艺。
	PVD、CVD设备	用于在通孔内壁沉积绝缘层、阻挡层和种子层。这些设备通过物理气相沉积 (PVD) 或化学气相沉积 (CVD) 技术来实现。
	电镀设备	用于在通孔内进行导电物质 (如铜) 的填充。电镀设备通过电流作用在通孔内沉积金属，形成导电通道。
	晶圆减薄设备	在完成导电物质填充后，需要对晶圆进行减薄，以便暴露出TSV的底部。晶圆减薄设备通常采用机械研磨或化学腐蚀等方法来实现。
	晶圆键合设备	用于将多个带有TSV的晶圆键合在一起，形成三维集成电路。晶圆键合设备通过施加压力、温度和/或电场等条件，促进晶圆之间的连接。
RDL	涂胶显影机	用于在芯片表面涂覆光刻胶，以定义出RDL图形的轮廓。
	光刻机	用于将RDL图形从掩膜转移到涂有光刻胶的芯片表面。光刻机通过曝光和显影过程，将RDL图形精确地转移到芯片上。
	刻蚀机	用于通过湿法或干法刻蚀技术，将RDL图形从芯片表面刻蚀出来。刻蚀机根据光刻胶定义的图形，去除芯片表面的材料，形成RDL布线结构。
	PVD	用于在刻蚀出的RDL布线结构上沉积阻挡层和籽晶层。溅射台通过物理溅射技术，将金属材料沉积在芯片表面，以形成良好的导电层。
	电镀设备	用于在籽晶层上进行铜的填充和增厚。电镀设备通过电流作用，在籽晶层上沉积铜材料，形成RDL布线层的导电通道。



## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- (1) PVD&CVD等薄膜沉积设备：在先进封装中UBM、RDL、TSV制作中，会用到薄膜沉积设备，例如在RDL中，使用次数的多少随RDL层数变化；TSV在电镀前要先沉积种子层。
- 薄膜沉积技术按工艺原理的不同可分为物理气相沉积（PVD）、化学气相沉积（CVD）和原子层沉积（ALD）。
  - ①PVD：指在真空条件下采用物理方法将材料源（固体或液体）表面气化成气态原子或分子，或部分电离成离子，并通过低压气体（或等离子体）过程，在基体表面沉积具有某种特殊功能的薄膜的技术。
  - ②CVD：是通过化学反应的方式，利用加热、等离子或光辐射等各种能源，在反应器内使气态或蒸汽状态的化学物质在气相或气固界面上经化学反应形成固态沉积物的技术，是一种通过气体混合的化学反应在基体表面沉积薄膜的工艺。
  - ③ALD：是利用反应气体与基板之间的气—固相反应，来完成工艺的需求。

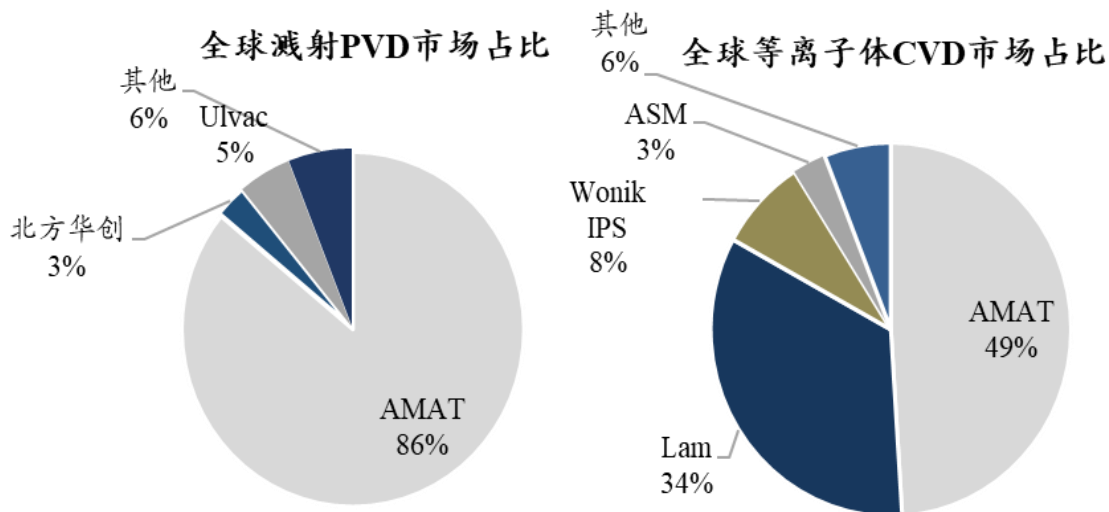
◆ 图：薄膜沉积设备技术分类



## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- 我们预计到2023年中国大陆薄膜沉积设备市场空间有望达440亿元。① **溅射PVD设备**：2020年AMAT市场份额高达86%，我国北方华创市占率约5%；② **等离子体CVD设备**：2020年AMAT全球占比约为49%，其次为Lam的34%，两者占据了全球83%的市场份额，我国拓荆科技、微导纳米等积极推进国产突破。

◆ 图：2020年PVD、等离子体CVD龙头均为AMAT



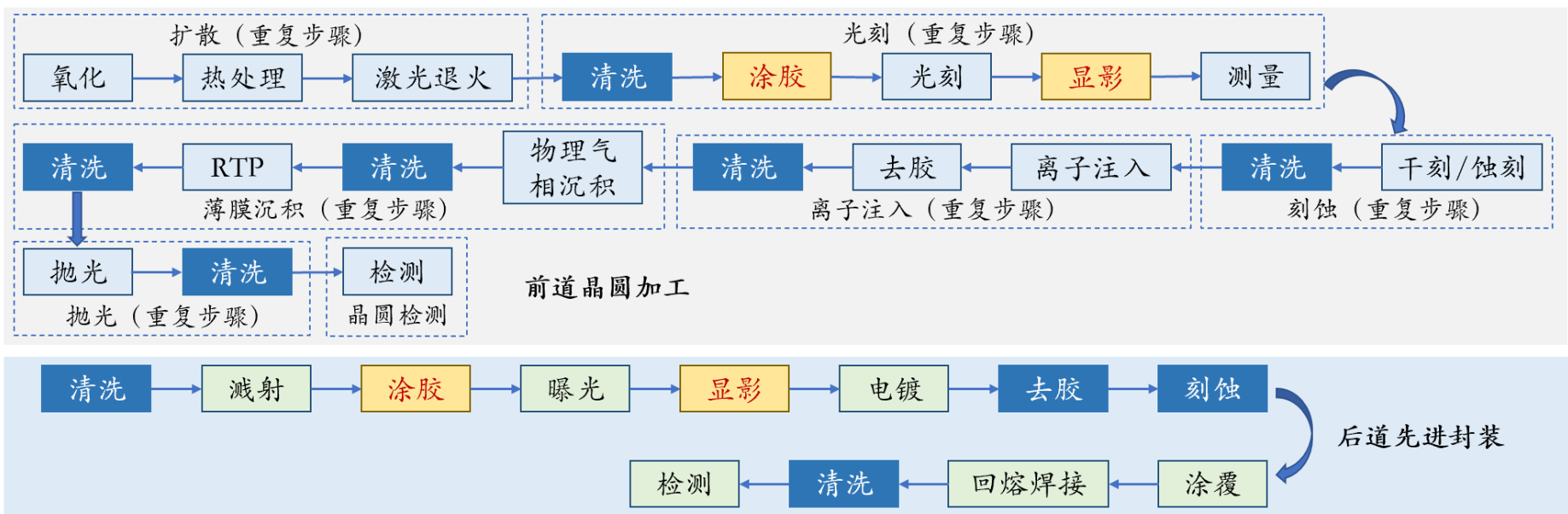
◆ 表：2023年中国大陆薄膜沉积设备市场空间有望达440亿元

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E
全球半导体设备销售额 (亿元)	2887	3963	4517	4183	4984	7185	7532	6259	7576
中国大陆半导体设备销售额 (亿元)	452	576	896	942	1310	2073	1979	2003	2652
中国大陆半导体设备市场占比 (%)	16%	15%	20%	23%	26%	29%	26%	32%	35%
其中	薄膜沉积设备 (22%)	99	127	197	207	288	435	441	583
	光刻机 (21%)	95	121	188	198	275	416	421	557
	刻蚀设备 (21%)	95	121	188	198	275	435	416	557
	量/检测设备 (11%)	50	63	99	104	144	218	220	292
	清洗设备 (5%)	23	29	45	47	66	104	99	133
	涂胶显影设备 (4%)	18	23	36	38	52	83	79	106
	CMP设备 (3%)	14	17	27	28	39	62	59	80
	离子注入设备 (2.5%)	11	14	22	24	33	52	49	66

## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- (2) 涂胶显影：涂胶显影设备与光刻机紧密协作，是光刻工序中的核心设备。涂胶显影设备主要包括涂胶机、喷胶机和显影机，其中涂胶机&喷胶机应用于曝光前光刻胶涂覆，显影机应用于曝光后图形显影。涂胶显影设备分别连接光刻机的输入&输出端口，直接影响光刻图形质量&缺陷控制，并对后续的蚀刻、离子注入等工序中的图形转移也有较大影响。
- 后道先进封装中的涂胶显影设备精度要求低于前道晶圆加工。①前道晶圆加工：以8/12英寸设备为主，主要与光刻机配合完成晶圆加工过程中的精细光刻工艺流程，对设备精度要求极高；②后道先进封装：主要用于Bump、WLCSP、Fanout等后道先进封装技术的涂胶、显影等工序，对设备精度的要求低于前道晶圆加工。

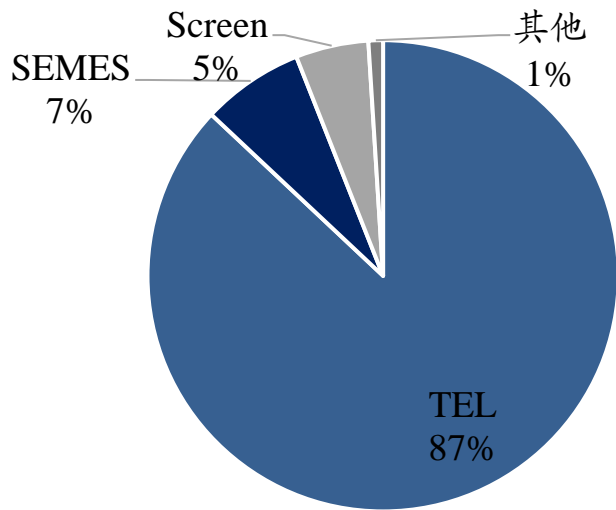
◆ 图：涂胶显影是光刻环节的核心工序之一



## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- 我们预计2023年中国大陆半导体设备市场规模达到2003亿元，其中涂胶显影设备市场规模约80亿元。
- 全球范围来看，涂胶显影设备市场高度集中，日本TEL一家独大。在光刻工序涂胶显影设备领域，日本仍处于全球领先地位，包括日本TEL、日本DNS（Screen）等，均主要聚焦在前道晶圆加工领域，其中2022年TEL占据全球87%市场份额，在我国市占率更是高达90%以上，主导地位显著；芯源微为本土稀缺的涂胶显影设备供应商，市场份额约为4%，具备广阔的国产化替代空间。

◆ 图：2022年TEL在全球涂胶显影设备领域市占率高达87%



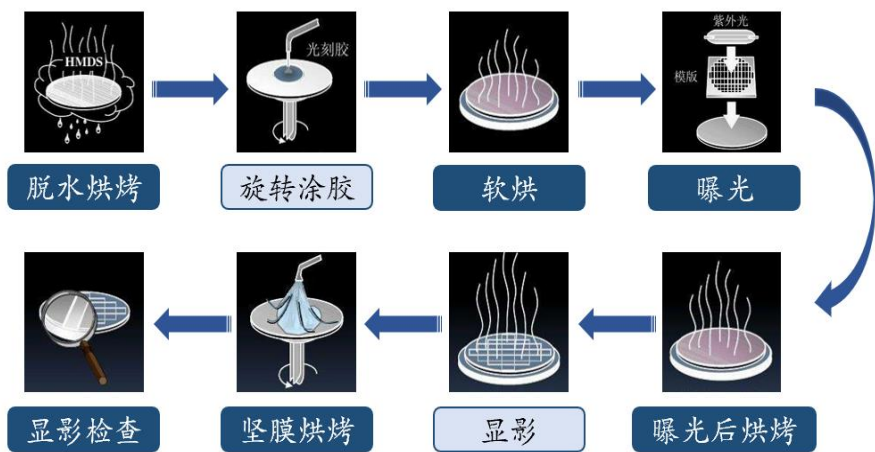
◆ 表：2023年中国大陆涂胶显影设备市场空间有望达80亿元

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E
全球半导体设备销售额（亿元）		2887	3963	4517	4183	4984	7185	7532	6259	7576
中国大陆半导体设备销售额（亿元）		452	576	896	942	1310	2073	1979	2003	2652
中国大陆半导体设备市场占比（%）		16%	15%	20%	23%	26%	29%	26%	32%	35%
其中	薄膜沉积设备（22%）	99	127	197	207	288	456	435	441	583
	光刻机（21%）	95	121	188	198	275	435	416	421	557
	刻蚀设备（21%）	95	121	188	198	275	435	416	421	557
	量/检测设备（11%）	50	63	99	104	144	228	218	220	292
	清洗设备（5%）	23	29	45	47	66	104	99	100	133
	涂胶显影设备（4%）	18	23	36	38	52	83	79	80	106
	CMP设备（3%）	14	17	27	28	39	62	59	60	80
	离子注入设备（2.5%）	11	14	22	24	33	52	49	50	66

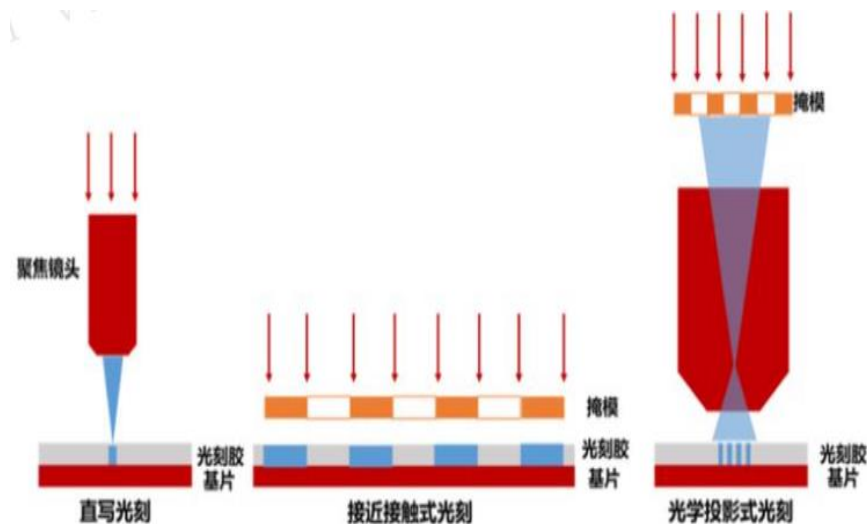
## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- **(3) 光刻机：**先进封装中光刻机主要应用于凸块、RDL、TSV等电极接触点的制作。与在前道制造中用于器件成型不同，在先进封装中主要用做金属电极接触，例如TSV打孔实现堆叠芯片之间的垂直互联互通，钻孔就需要光刻与刻蚀的配合完成；凸块上实现在芯片特定位置的电镀，也需要光刻把Bump的位置打出来；在RDL图形转移和再连接，是通过掩模版然后光刻机曝光将图形打到芯片上。
- 目前，在泛半导体领域，根据是否使用掩模版，光刻技术主要分为直写光刻与掩膜光刻。其中，掩膜光刻可进一步分为接近/接触式光刻以及投影式光刻。

◆ 图：光刻工艺流程



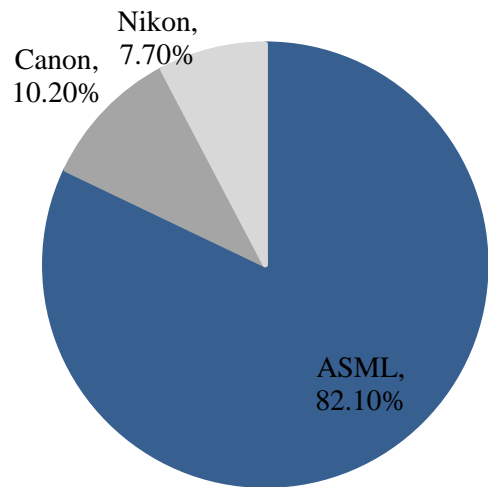
◆ 图：直写光刻、接近/接触式光刻以及投影式光刻示意图



## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- 我们预计2023年中国大陆光刻机设备市场空间有望达420亿元。全球光刻机市场的主要竞争公司为ASML、Nikon和Canon，其中ASML占据绝对霸主地位。2022年该三家厂商市场份额占比分别为82.1%、10.2%和7.7%，以ASML为首形成垄断格局。其中超高端光刻机EUV领域中ASML独占鳌头，高端光刻机ArFi和ArFdry领域也主要由ASML占领，Canon主要集中在i-line光刻机领域，Nikon除EUV外均有涉及。国内上海微电子、芯碁微装均有相应突破。

◆ 图：2022年光刻机龙头ASML市场占比约82%



◆ 表：2023年中国大陆光刻机设备市场空间有望达420亿元

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E	
全球半导体设备销售额 (亿元)	2887	3963	4517	4183	4984	7185	7532	6259	7576	
中国大陆半导体设备销售额 (亿元)	452	576	896	942	1310	2073	1979	2003	2652	
中国大陆半导体设备市场占比 (%)	16%	15%	20%	23%	26%	29%	26%	32%	35%	
其中	薄膜沉积设备 (22%)	99	127	197	207	288	456	435	441	583
	光刻机 (21%)	95	121	188	198	275	435	416	421	557
	刻蚀设备 (21%)	95	121	188	198	275	435	416	421	557
	量/检测设备 (11%)	50	63	99	104	144	228	218	220	292
	清洗设备 (5%)	23	29	45	47	66	104	99	100	133
	涂胶显影设备 (4%)	18	23	36	38	52	83	79	80	106
	CMP设备 (3%)	14	17	27	28	39	62	59	60	80
	离子注入设备 (2.5%)	11	14	22	24	33	52	49	50	66

## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

- (4) 刻蚀机: 先进封装中, TSV中需要刻蚀打孔, RDL中需要刻蚀去除多余的UBM等, 均有广泛应用。干法等离子体刻蚀可分为电容性耦合等离子体刻蚀 (CCP) 和电感性耦合等离子体刻蚀 (ICP)。两者激发和控制等离子体的方式不同, CCP为电容极板激发等离子体, ICP由电感线圈激发等离子体; ICP和CCP刻蚀的应用场景有所不同, CCP刻蚀设备主要以等离子体在较硬的介质材料上, 刻蚀通孔、沟槽等微观结构, ICP刻蚀设备主要以等离子体在较软和较薄的材料上, 刻蚀通孔、沟槽等微观结构。

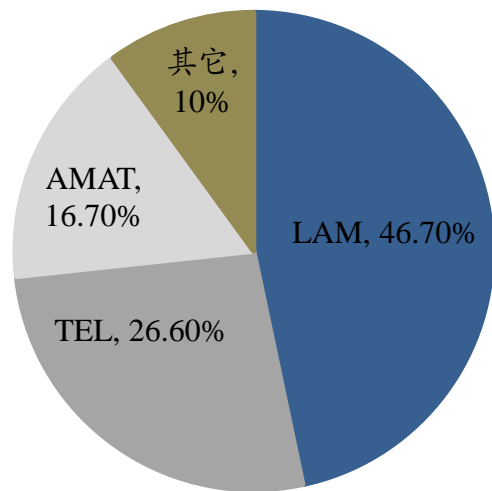
◆表: ICP和CCP刻蚀设备

设备类型	设计	应用	刻蚀材料	未来发展趋势
CCP	将射频电源接在反应腔上、下电极中的一个或两个上, 等离子密度及离子能量可以实现分别控制	以高能离子在较硬的介质材料上, 刻蚀高深宽比的深孔、深沟等微观结构; 以较高密度的等离子体来刻蚀有机掩膜层	氧化物、氮化物等硬度高、需要高能量离子反应刻蚀的介质材料; 有机掩膜材料	存储器高深宽比刻; 逻辑电路的金属掩膜大马士革结构一体化刻蚀
ICP	一组或多组连接射频电源的线圈置于反应腔上部或者周围, 以实现等离子浓度及其能量可以分别控制; 动态、分区域的反应气体注入系统	以较低的离子能量和极均匀的离子浓度刻蚀较软的和较薄的材料	单晶硅、多晶硅等材料	高深宽比刻蚀; 原子层刻蚀

## 2.7. 先进封装主要增量在于前道的图形化设备

◆ 图：2021年刻蚀机龙头ASML市场占比约82%

- 我们预计2023年中国大陆刻蚀设备市场空间有望达420亿元，全球刻蚀设备龙头为LAM、TEL和AMAT。泛林半导体技术实力最强，产品覆盖最为全面，2021年占据46.7%的市场份额；东京电子和应用材料分别占据26.6%和16.7%。我国刻蚀设备厂商中微公司和北方华创分别在CCP和ICP占据领先地位，分别占1.4%和0.9%。



◆ 表：2023年中国大陆刻蚀设备市场空间有望达420亿元

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E
全球半导体设备销售额 (亿元)	2887	3963	4517	4183	4984	7185	7532	6259	7576
中国大陆半导体设备销售额 (亿元)	452	576	896	942	1310	2073	1979	2003	2652
中国大陆半导体设备市场占比 (%)	16%	15%	20%	23%	26%	29%	26%	32%	35%
其中	薄膜沉积设备 (22%)	99	127	197	207	288	435	441	583
	光刻机 (21%)	95	121	188	198	275	416	421	557
	刻蚀设备 (21%)	95	121	188	198	275	416	421	557
	量/检测设备 (11%)	50	63	99	104	144	218	220	292
	清洗设备 (5%)	23	29	45	47	66	104	99	133
	涂胶显影设备 (4%)	18	23	36	38	52	83	79	106
	CMP设备 (3%)	14	17	27	28	39	62	59	80
	离子注入设备 (2.5%)	11	14	22	24	33	52	49	66





1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

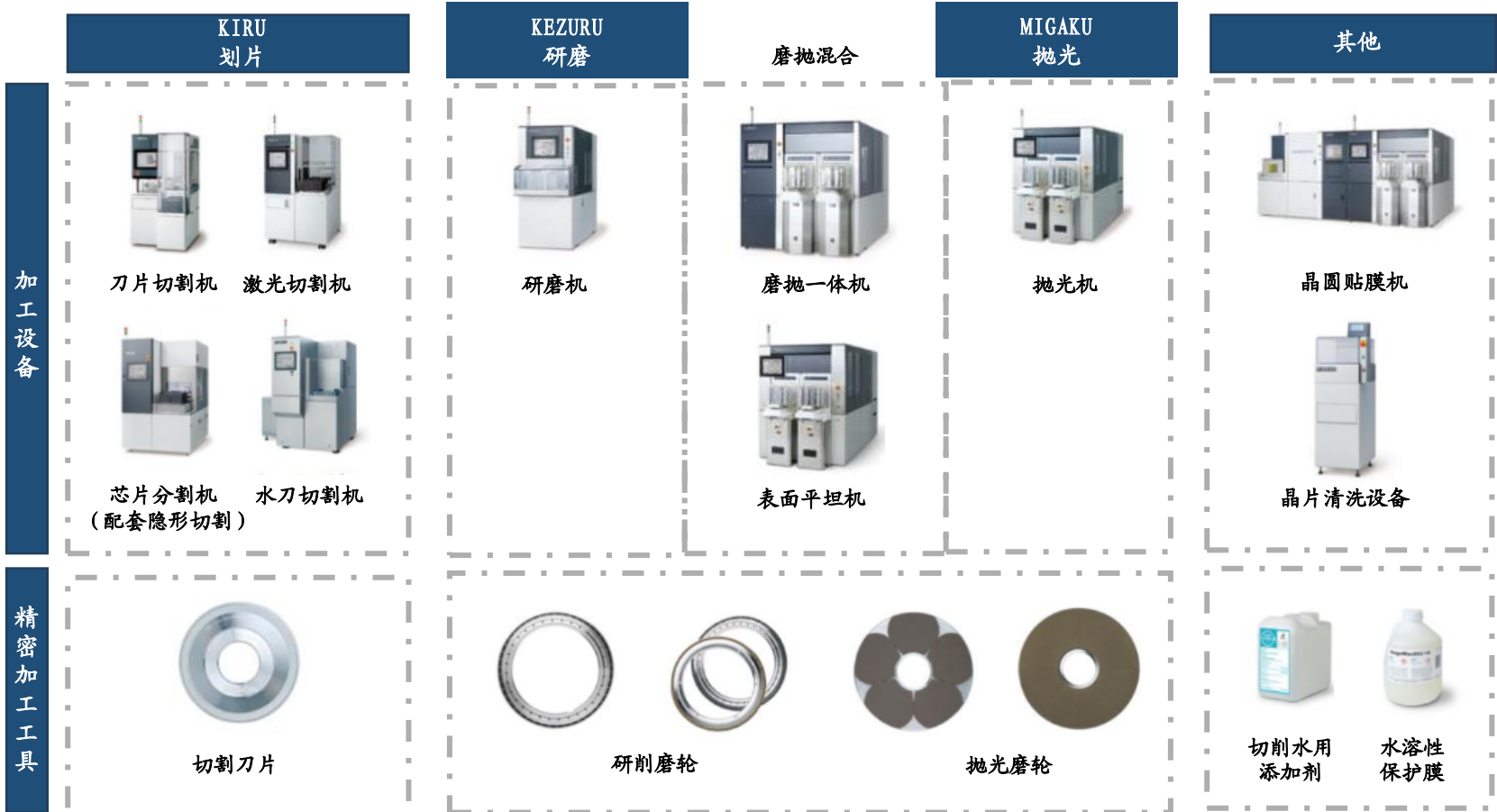
6 风险提示

---

# 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 公司从事半导体制造设备和精密加工工具的制造和销售，一共有三个业务部门，产品矩阵包括划片机、研磨机、抛光机、精密加工工具等。精密加工系统部门生产，销售，维护和提供半导体制造设备和精密加工工具的相关服务；工业磨削和切割产品部门制造和销售金刚石砂轮和磨石用于磨削和切削；精密加工部门主要生产及销售精密加工设备的部件。

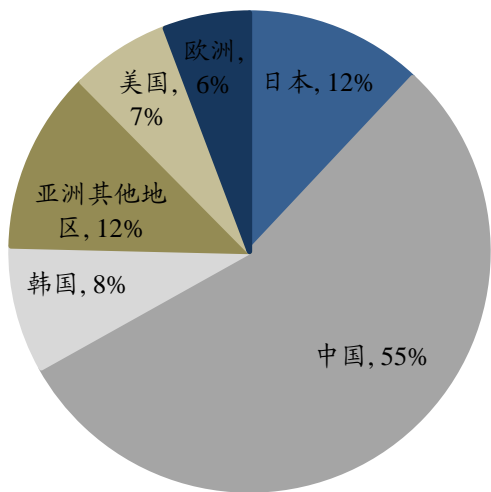
◆ 图：DISCO产品矩阵包括划片机、研磨机、抛光机、精密加工工具等



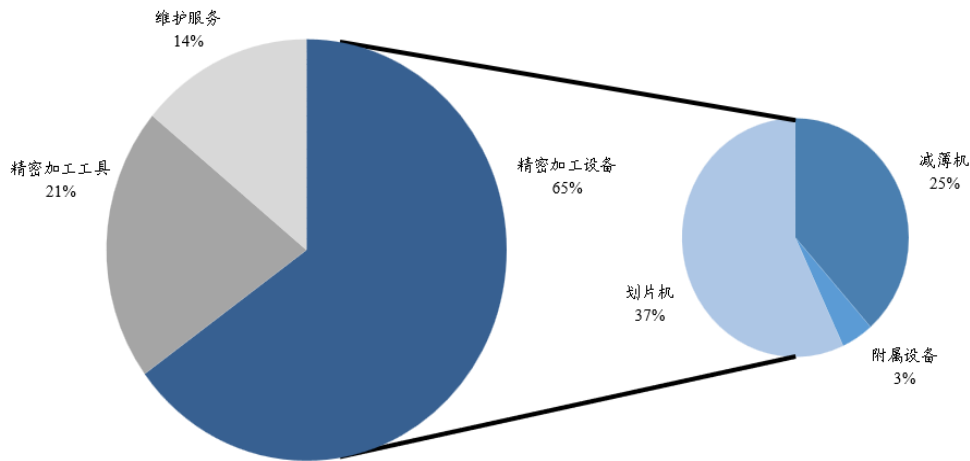
### 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 公司以中国为主要市场，占比50%以上。2022财年公司在中国的销售额达到69.66亿元，在中国的销售额占其全球销售额的55%；除中国外，公司的第二大销售额地区为其母国日本，第三大销售额地区为韩国，公司在美国和欧洲的销售额相对较少。
- 精密加工设备为公司的主要产品，其次为加工工具。2022财年公司精密加工装置收入为87.86亿元，占比65%，其中划片机占比约37%、减薄机占比约25%、其它约3%，精密加工工具收入为30.3亿元，占比21%。

◆ 图：2022财年中国是DISCO公司的主要市场，占比55%



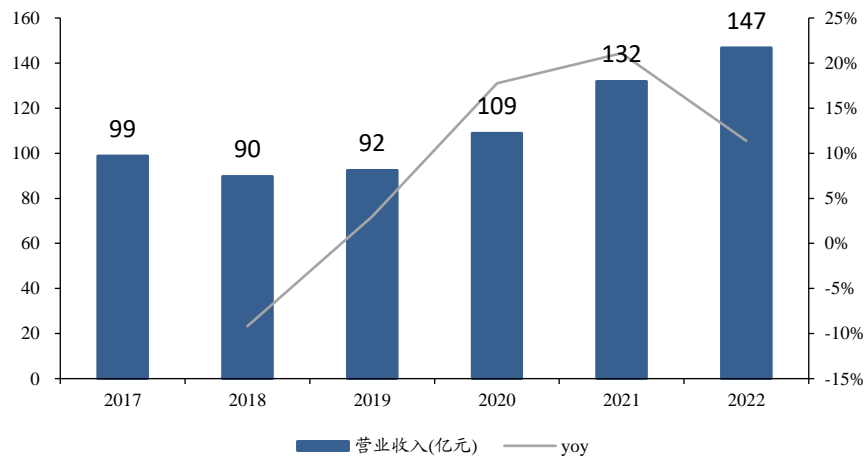
◆ 图：2022财年精密加工设备收入占比约65%，为主要收入来源



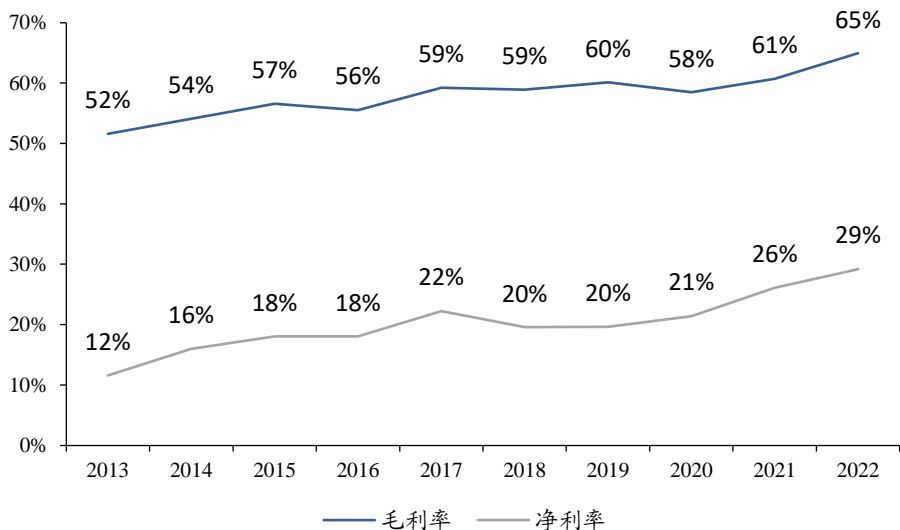
## 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 2017-2022财年公司总营业收入由99亿元增长至147亿元，CAGR为8%，净利润由22亿元增长至43亿元，CAGR为14%。公司在2018-2019年出现短期业绩下滑，主要原因是全球半导体市场受到下游终端应用市场需求变化及中美贸易战等因素影响。
- 2013-2022财年公司毛利率与净利率稳定上升。2013年公司毛利率约52%，2022财年公司毛利率已达到64.94%；净利率由2013财年的12%增长至2022财年的29%。

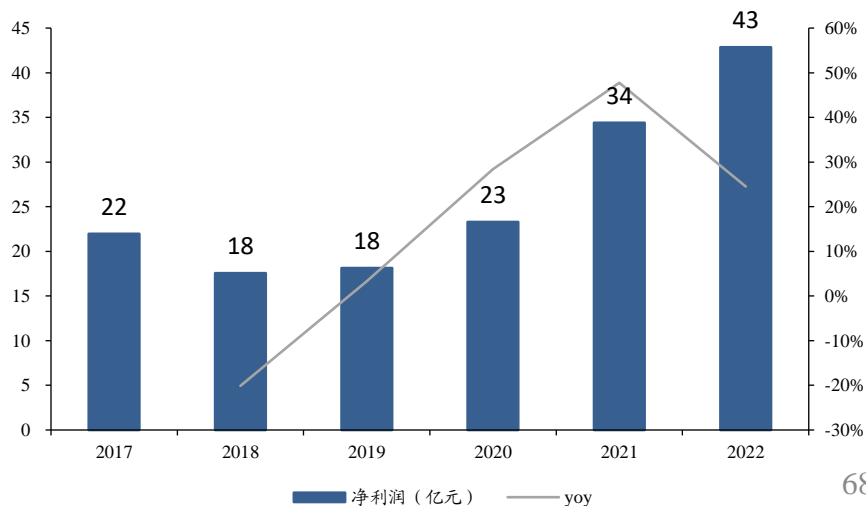
◆ 图：2017-2022财年DISCO营业收入CAGR为8%



◆ 图：2013-2022财年DISCO销售毛利率和净利率(%)



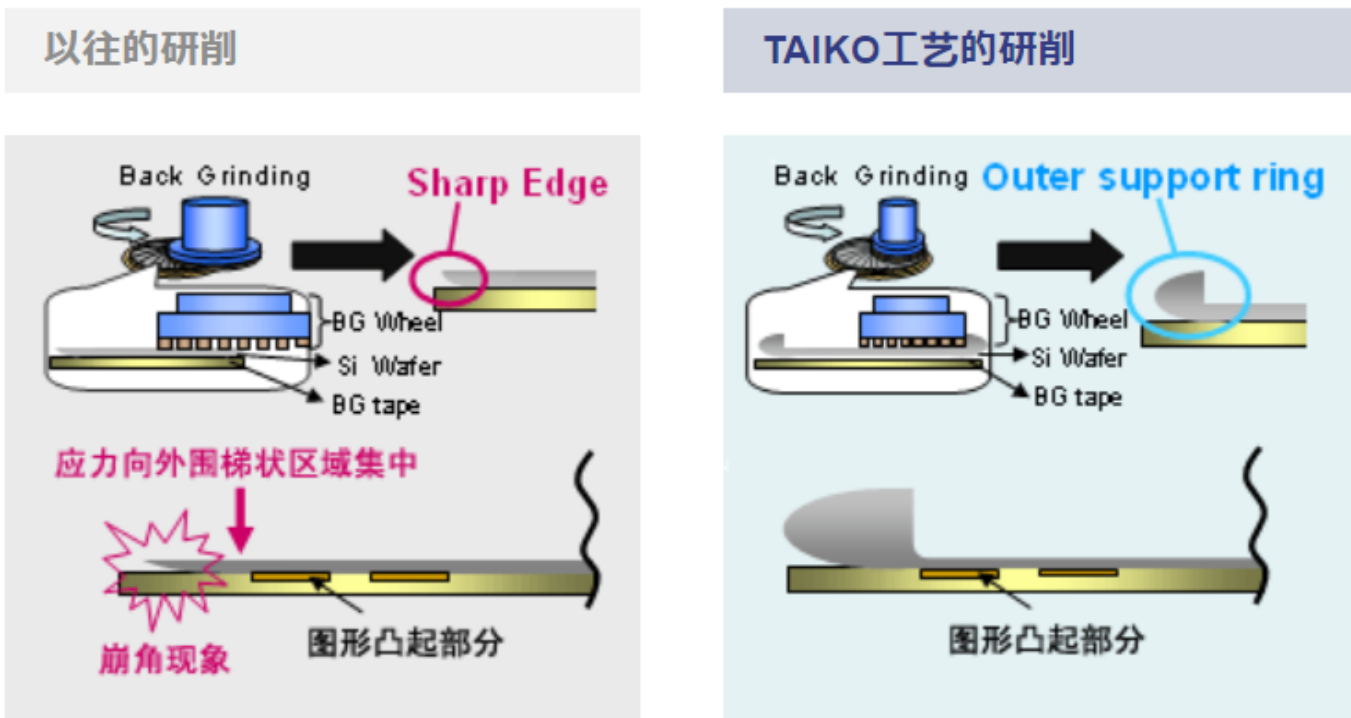
◆ 图：2017-2022财年DISCO净利润CAGR为14%



### 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 公司的研磨机采用**TAIKO**工艺，与以往的背面研削不同，**TAIKO**在对晶圆进行研削时，将保留晶圆外围边缘部分（约3mm左右），只对圆内进行研削薄型化的技术。公司的**TAIKO**研磨机主要有DAG810、DTG8440、DTG8460三款，能够满足 $\Phi 200$  mm、 $\Phi 300$  mm晶圆的全自动加工需求。
- **TAIKO**工艺的优势在于（1）选择在晶体外围留边：能减少晶片翘曲，提高晶片强度，使晶片使用更方便，薄型化后的通孔插装，配置接线头等加工也更方便；（2）不使用硬基体等类似构造而用一体构造一体构造的特点使晶片薄型化后需要高温工序(镀金属等)时，没有脱气现象发生，同时也可降低颗粒带入现象；（3）研削时不在外围区域负重：可以使研削外围区域有梯状的晶片更方便，产生崩角现象的可能性为零。

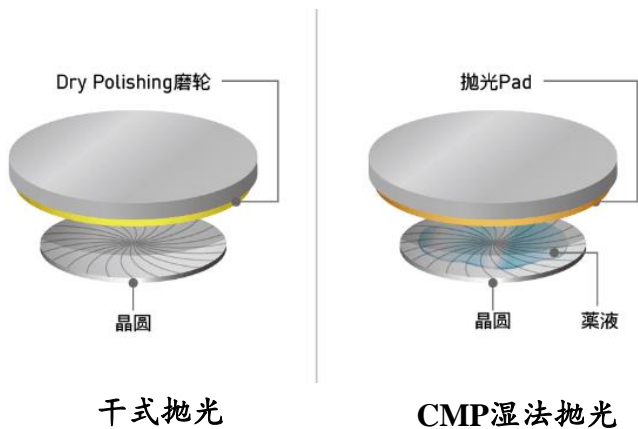
◆ 图：TAIKO工艺相比传统工艺优势示意图



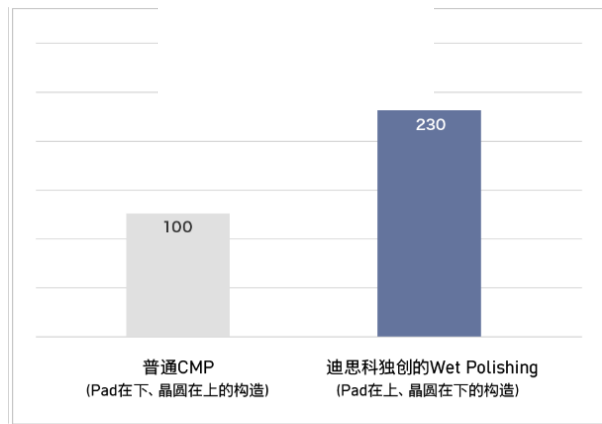
### 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 公司抛光机主要有干式抛光法、DBG+干式蚀刻、CMP湿法抛光三种。一般的设备是把晶圆置于上方，抛光Pad置于下方，相比之下，公司的设备则是把抛光Pad置于上方，晶圆放置在下方，因持有进给轴的构造所以被命名为“Infeed Polishing进给式抛光”。
  - 干式抛光法通过去除在背面研削加工工艺中产生的研削变质层，达到应力消除、晶体背面的镜面化、翘曲量减少和抗折强度提高的效果。目前封装元件越来越趋向于小型化、高集成化发展，但对电子元件晶片实施薄型化加工，会造成芯片因强度降低而在组装工序中出现破损、以及因翘曲增大而使层叠式封装元件的接线头接合变得困难。因此，在研削加工工序后导入干式抛光法消除应力，达到晶体背面的镜面化，翘曲量的减少和抗折强度的提高势在必行。
  - DBG+干式蚀刻法特点是在切割工序之后(分割成芯片)实施消除应力加工。这样的工序安排可以防止产生因切割加工而造成的加工变质层，大大提高那些在半导体封装工序后需承受外部加工应力的类似IC卡等电子元件的可信度。

◆ 图：DISCO干式抛光，CMP湿法抛光示意图



◆ 图：CMP湿法抛光蓝宝石衬底抛光率（普通CMP为100时）



### 3.1.DISCO：全球领先的切磨抛设备+耗材龙头

- 公司的精密加工工具主要分为切割刀片，研削磨轮，干式抛光磨轮三种加工工具：
  - 切割刀片分为轮毂型切割刀片和无轮毂切割刀片两种切割刀片。其中轮毂型切割刀片的加工对象主要为Silicon wafer, Compound semiconductor wafers (GaAs, GaP, etc.), Oxide wafers (LiTaO3, etc.)等的处理，而无轮毂切割刀片的处理材料则比较多样化，有Glass, Crystal, PZT等。
  - 研削磨轮按加工方式分可以分为粗研削加工与精研削加工。
  - 干式抛光磨轮主要有GetteringDP, DP08 Serious, DP-F05 Serious, 其中GetteringDP有着MZ与DP两种类型，其中MZ类型的DP磨轮更能提高晶圆的抗弯强度，所以能够实现更薄的晶圆抛光加工。

◆ 图：DISCO切割刀片及研削磨轮各种类型及细分种类展示

切割刀片	是否有轮毂	结合剂类型
ZH05 Series	有	电涛结合剂
ZH14 Series		电涛结合剂
ZHCR Series		电涛结合剂
ZHDG Series		电涛结合剂
ZHFX Series		电涛结合剂
ZHRF Series		电涛结合剂
ZHZZ Series		电涛结合剂
NBC-ZH Series		电涛结合剂
B1A Series	无	金属结合剂
P1A Series		树脂结合剂
R07 Series		树脂结合剂
TM11 Series		金属结合剂
VT07 Series		陶瓷结合剂
Z05 Series		电涛结合剂
Z09 Series		电涛结合剂
ZP07 Series		电涛结合剂
NBC-Z Series		电涛结合剂

研削磨轮	细分种类	加工方式
GF13 Series		—
GF01 Series	VS	粗研削加工
	BT300	粗研削加工
	BT100	粗研削加工
	BK01	精研削加工
	BK02	精研削加工
	BK04	精研削加工
	BK09	精研削加工
	IF Serious	VS
B-K01		精研削加工
B-K02		精研削加工
B-K04		精研削加工
B-K09		精研削加工
Poligrind		—
UltraPoligrind		—

## 3.2. BESI: 全球领先的半导体固晶机供应商

- Besi 的产品包括固晶机、塑封材料和电镀设备等，2022年固晶机设备收入占比79%，塑封和电镀设备占比21%。
- (1) 固晶机 (包含键合机)：包括用于高级封装的多芯片键合机、倒装芯片、热压键合机、混合键合机等；
- (2) 塑封材料：Besi的塑封产品组以Fico品牌设计、开发和制造成型、装饰、成型和单体系统。可靠的系统可以处理各种各样的塑封。自动和手动系统使用相同的模具或工具；
- (3) 电镀设备：Meco生产和供应适用于电子行业的连续电镀和引线框清洁系统。

◆ 图：Besi公司产品——固晶机、塑封材料和电镀设备

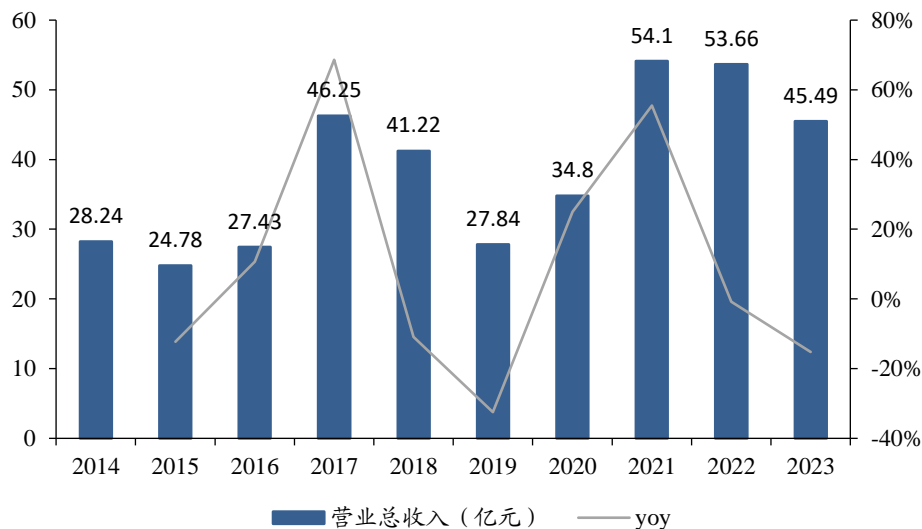




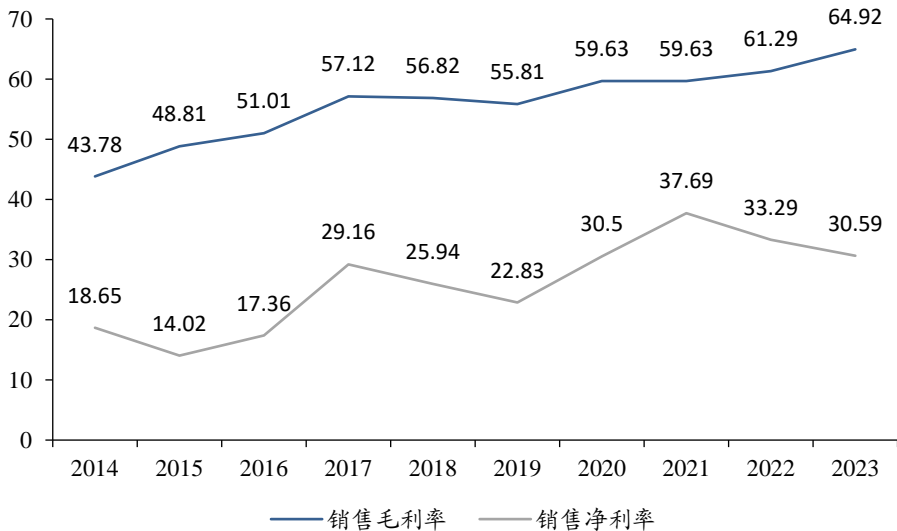
## 3.2. BESI: 全球领先的半导体固晶机供应商

- 公司的营业总收入从2014年的28.24亿元上升到2023年的45.49亿元，CAGR为5%；净利润由2014年的5.28亿元增长至2023年的13.92亿元，CAGR为11%。
- 销售毛利率与净利率同样表现出波动上升的态势，但销售净利率的变化起伏明显大于毛利率。公司的销售毛利率从2014年的43.8%提升到了2023年的64.92%，销售净利率由2014年的18.65%提升至2023年的30.59%。

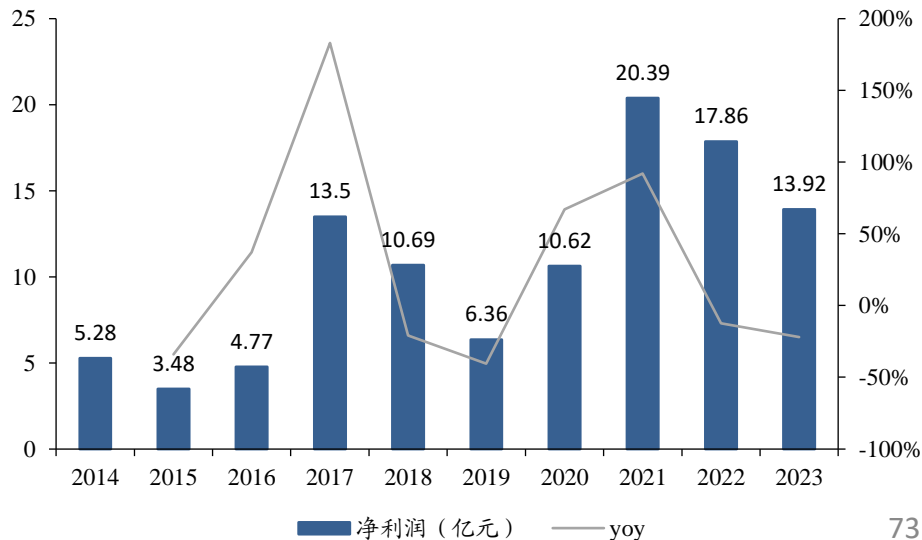
◆ 图：2014 -2023年Besi营业总收入CAGR为5%



◆ 图：2014 -2023年Besi销售毛利率和净利率 (%)



◆ 图：2014 -2023年Besi净利润CAGR为11%



## 3.2. BESI: 全球领先的半导体固晶机供应商

- **Besi的业务中有多款设备覆盖封装领域，封装产品进展顺利。**固晶机方面，Besif旗下有Esec和Datacon两大固晶机品牌。分化为面向先进封装提供有多模块连接产品Datacon 2200 evo系列、固晶贴装产品有Esec2100系列，面向大规模生产和高端领域提供倒装芯片系统产品有Datacon 8800系列；混合键合设备领域，8800 Chameeo于2022Q1开始量产，精度可达200nm以下，UPH约为2000左右；TCB首台设备9800TC目标市场为HPC、HBM中的芯片堆叠、硅桥连接，目标客户包括Intel、IBM、三星、台积电、美光；塑封设备方面，Besif的封装设备业务由Fico提供，产品主要为注塑、剪切、成型以及切片机。
- **先进封装产品占比高。**Besif的产品结构中，与封装相关的设备主要集中在固晶机、塑封机和电镀设备。其2022年公司混合键合设备产品营收占比为15%，对应精度达到了3微米以下，主要应用于HPC和存储。

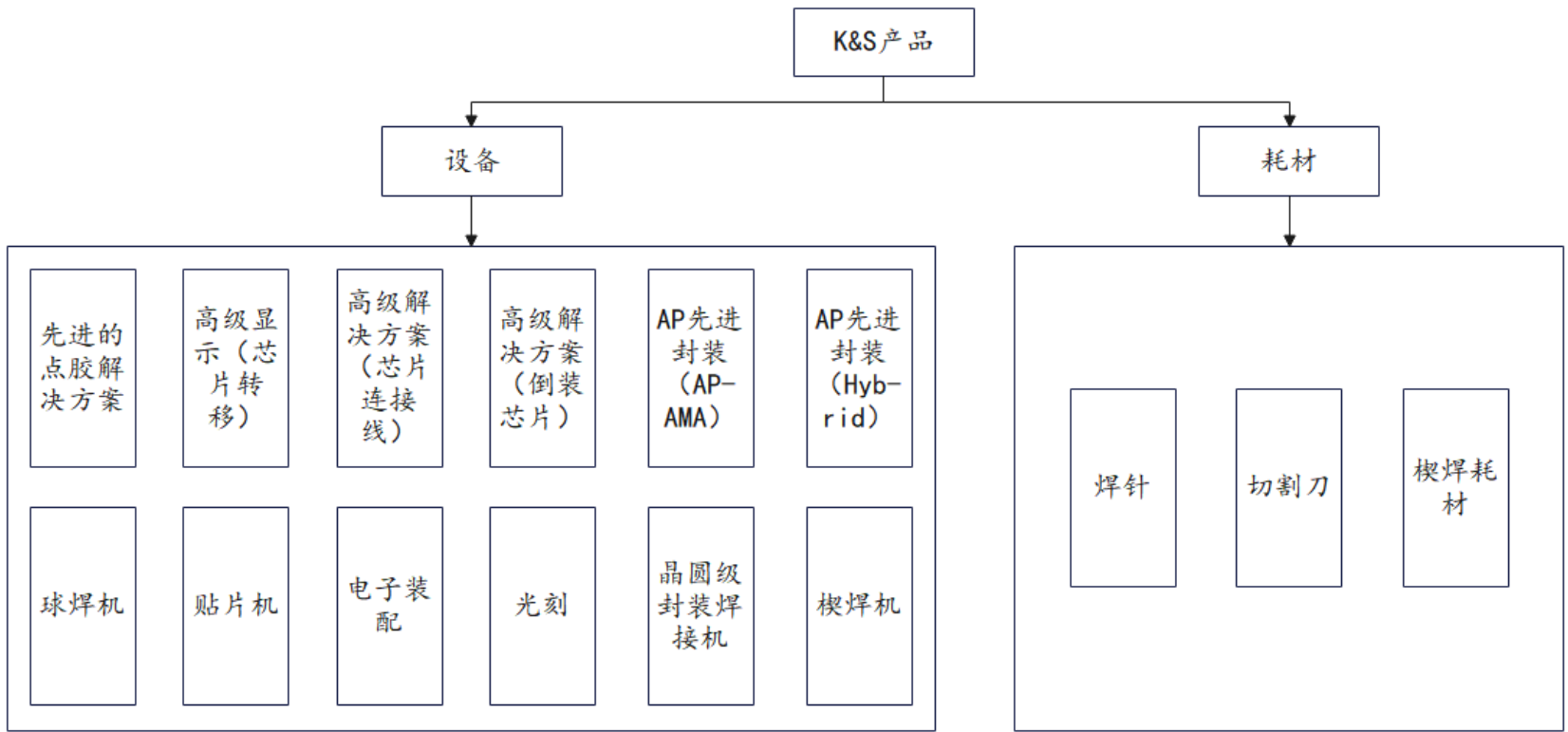
◆表：Besif提供的设备及营收占比

2022年营收占比	精度（微米）	制程	典型应用	Besif提供的设备
25%	10+	28+	汽车、SiP、功率	固晶、塑封、电镀
20%	10	28	IoT、通用芯片	固晶、塑封、电镀
40%	7	17	计算机、PC、云计算、手机	固晶、塑封
15%	<3	<10	HPC、存储、混合键合	固晶、塑封

### 3.3. K&S: 全球领先的引线键合机龙头

- **K&S主要提供的产品可以分为设备和耗材两大类。**其中，设备主要包括球焊机、贴片机、电子装配机、光刻机、楔焊机等，耗材主要包括焊针、切割刀、楔焊耗材等。近年来，K&S通过战略性收购和自主研发，增加了先进封装、电子装配、楔焊机等产品，同时配合其核心产品进一步扩大了耗材的产品范围。
- **K&S的产品覆盖了从传统封装到最先进封装技术的全方位需求，**其不断创新的技术和广泛的产品线使其在全球半导体封装和电子组装行业中保持领先地位。同时，K&S不仅提供设备，还提供与之相关的软件解决方案、技术支持和服务，帮助客户优化生产流程，提高生产效率和产品质量。

◆ 图：K&S主要产品



### 3.3. K&S: 全球领先的引线键合机龙头

- **K&S的核心设备包括球焊机和楔焊机。**（1）**球焊机**：K&S提供的球焊机产品包括POWERCOMM（专为分立器件设计的先进焊线机）、RAPID（自动引线键合机）、RAPID Pro（自动焊线机）、ULTRALUX（自动焊线机）、Automated Material Handling Systems（自动化物料搬运系统）等。（2）**楔焊机**：**K&S为功率半导体、汽车功率模块和工业功率和工业混合动力提供领先的楔焊解决方案。**K&S超声波楔焊机能焊接25微米到500微米直径（1-20 mils）的圆形铝线，使用PowerRibbon工艺焊接 cross-section 从500×100 至2000×300微米（20×4 - 80×12 mils）的铝带。K&S提供的楔焊机产品包括Asterion（增强功能混合楔块键合机）、Asterion SV（用于圆柱形电池粘接的重型楔形粘接机）、Power-C（用于单排TO封装的专用楔形键合机）、PowerFusion（高性能楔形键合机）等。

◆ 图：POWERCOMM球焊机



◆ 图：RAPID球焊机



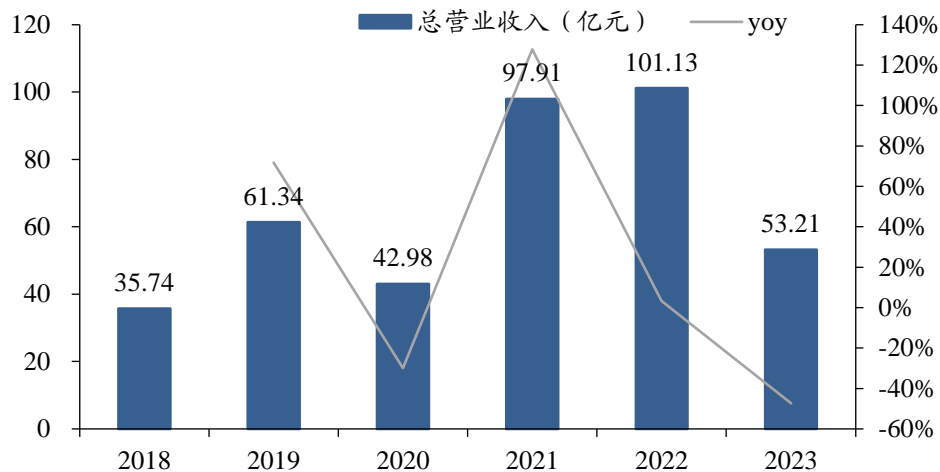
◆ 图：Asterion SV楔焊机



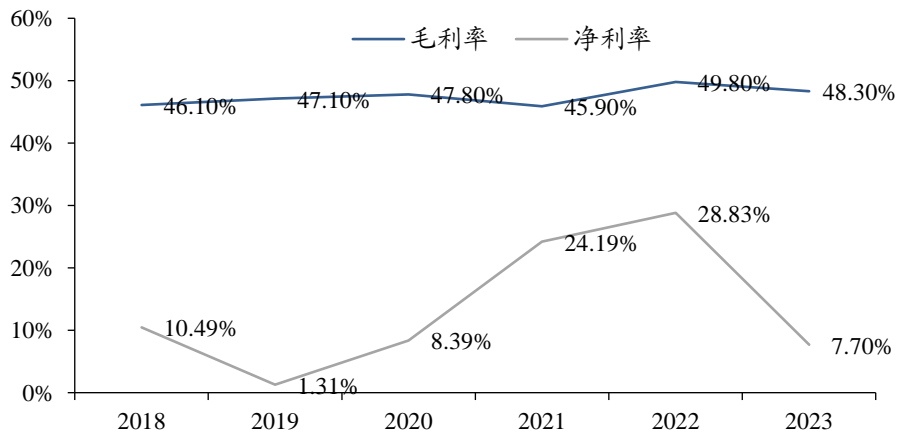
### 3.3. K&S: 全球领先的引线键合机龙头

- **2023年K&S营收53.2亿元，同比-51%；净利润为25.7亿元，同比-49%。**整体业绩的下滑主要基于两个原因：一是积压订单，由于23年积压订单较高，部分收入未确认，导致23年呈现的整体营收低，二是半导体行业不稳定，同时全球经济状况对半导体设备需求有负面影响。
- **从毛利率和净利率来看，2018-2023年毛利率维持稳定，2023年为48.3%，同比-1.5pct；净利率2023年仅为7.7%。**

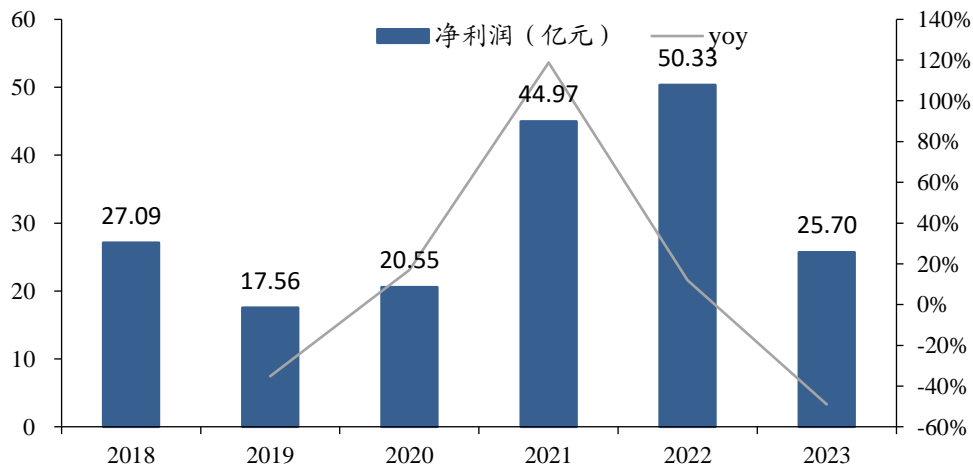
◆ 图：2018-2023年公司营业收入CAGR为8%



◆ 图：2018-2023年K&S的毛利率



◆ 图：2018-2023年公司净利润CAGR为-1%



## 3.4 EVG: 全球晶圆键合设备龙头

- **奥地利的EV Group (EVG)** 是为半导体、微机电系统 (MEMS)、化合物半导体、功率器件和纳米器件制造提供大批量生产设备和工艺解决方案的领先供应商。同时, EVG 也是先进封装和纳米技术晶圆级键合及光刻技术领域公认的市场和技术引领者, 供应的主要产品包括晶圆键合、薄晶圆加工和光刻/光刻纳米压印 (NIL) 设备、光刻胶涂布机以及清洁和检测/计量系统。
- **EVG 的主流设备适用于金属键合 (瞬态液相键合、共晶键合和热压键合)、玻璃熔融键合、阳极键合、胶键合和临时胶键合等**, 可以提供半自动晶圆键合系统 (如 EVG501、EVG510 和 EVG520 IS) 以及全自动键合系统 (如 EVG540、EVG560、EVG GEMINI 和 EVG ComBond)。其最新的 EVG ComBond 晶圆键合系统采用了最先进的晶圆活化技术和高真空处理技术, 能够实现晶圆之间几乎任何形式的键合。

◆ 图: EVG晶圆键合设备



## 3.4 SUSS: 全球晶圆键合设备龙头

- 德国SUSS是一家在微结构领域应用设备和工艺解决方案领先的供应商，总部位于慕尼黑区北部，拥有70多年的工程经验。产品组合涵盖后道光刻、晶圆键合和光掩模处理的全面产品和解决方案。
- SUSS可以提供自动晶圆键合机（XBS200和XBS300）以及半自动晶圆键合机（SB6/8 Gen2和XB8）。其半自动键合机的键合力最高可达100 kN，键合温度最高可达550 °C，可以满足绝大多数键合工艺的要求。

◆ 图：SUSS全自动的晶圆键合机

### XBS300 Gen2解键合与清洗机

更灵活的开放平台



### XBS300临时键合机

适合量产的通用型临时键合机



### 通用XBS300平台

用于研发和量产的永久晶圆键合平台，适合200mm、300mm已对准晶圆的（混合）热压键合



### XBS200晶圆键合机

晶圆最大尺寸200 mm的全自动平台





1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

6 风险提示

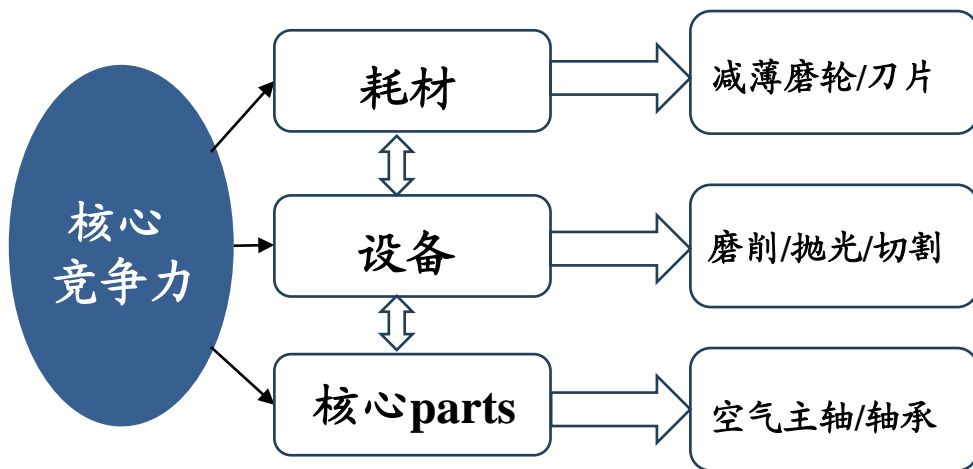
---



## 4.1 减薄机：晶盛机电积极布局先进封装，实现核心零部件的国产化

- 晶盛在半导体的定位大硅片、先进封装、先进制程、碳化硅三代半导体等领域，半导体设备产业链逐步完整，将形成覆盖生长、切片、抛光、外延四大核心装备为主的产品体系。（1）大硅片领域：单轴-8寸减薄机、单轴-12寸减薄机已批量出货；（2）SiC领域：SiC减薄机已批量出货；在SOI、功率半导体领域内，Si-8寸减薄机、双轴-12寸减薄机均已批量出货；（3）封测领域：2023年2月三轴-减薄抛光机样机demo、2023年9月减薄抛光+撕贴膜机wafer demo、2024年9月三轴-减薄抛光HC即将推出样机。
- 晶盛除了布局设备外，还针对关键零部件进行了布局，如磨轮、刀片、空气主轴等。

◆ 图：晶盛机电布局半导体设备的核心竞争力



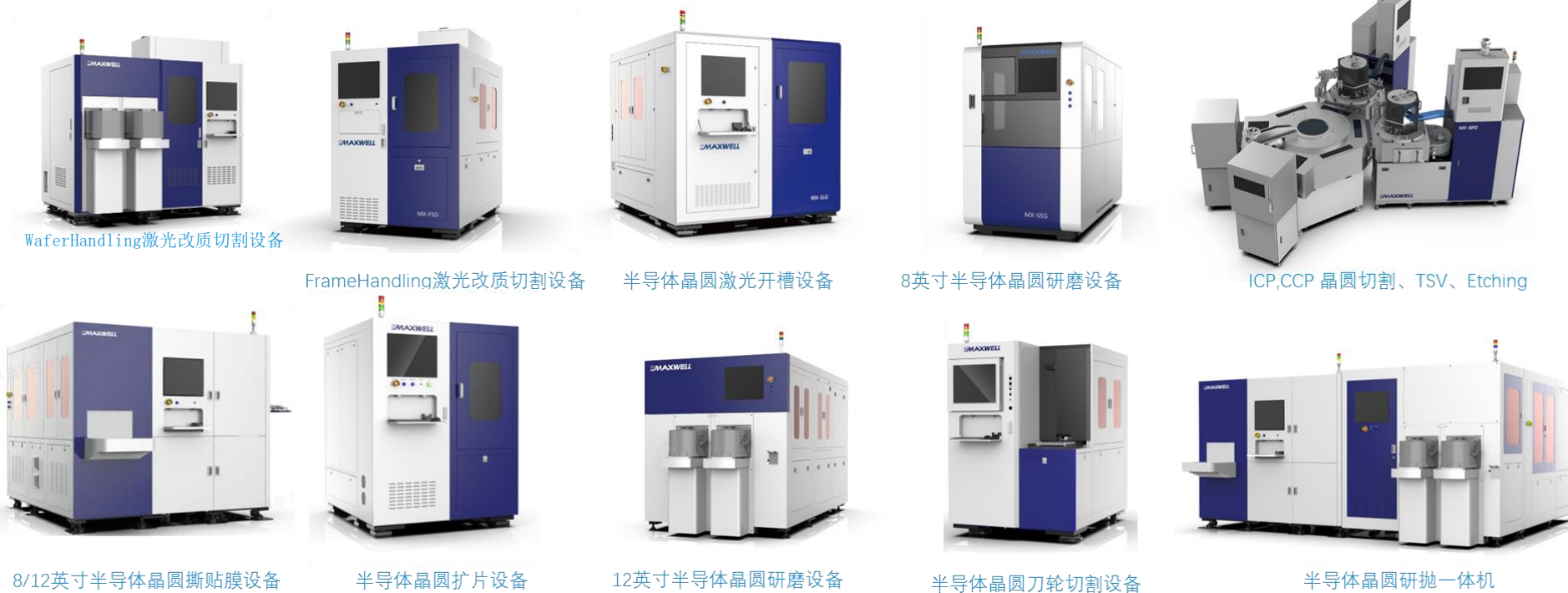
◆ 图：晶盛机电的单轴-12寸Si减薄机



## 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切磨抛全线工艺解决方案

- 半导体磨划设备迈为股份全线对标全球标杆企业DISCO，多台套设备顺利交付并量产获得国内龙头企业的广泛认可，如长电、华天、甬矽、佰维、星科金朋、盛合晶微等。

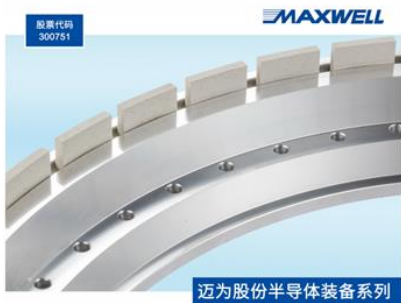
### ◆ 图：半导体集成电路装备-磨划加工设备



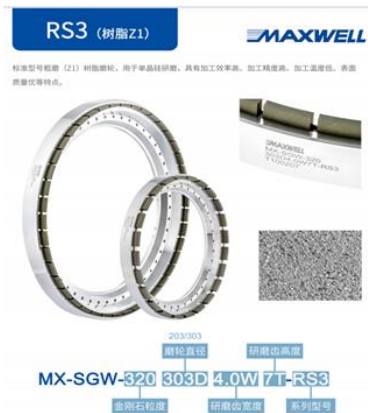
# 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切磨抛全线工艺解决方案

- 除了半导体磨划设备外，迈为还布局了磨划环节的关键耗材，如减薄磨轮，包括陶瓷、树脂等。迈为提供设备+耗材+工艺完整解决方案，推广典型客户包括如江阴长电、西安奕斯伟、合肥世纪金芯等。

◆ 图：半导体集成电路装备-磨划环节的关键耗材



半导体背面减薄磨轮  
Semiconductor Back Grinding Wheel



MAXWELL

技术领先：\* 全球高端磨料生产商，致力产全球安全与稳定  
\* 专业的研发与团队  
\* 完整的技术解决方案  
\* 最佳的产品交货及客户响应能力

研磨能力：\* 通过控制磨料粒径分布和稳定性  
\* 通过控制磨料粒径分布和稳定性，实现高磨削效率

精细磨轮：\* 采用SPH (加工速度有显著提升) 技术  
\* 用于提高磨削效率及精度  
\* 提高磨料颗粒稳定性和芯片强度

磨轮型号总览

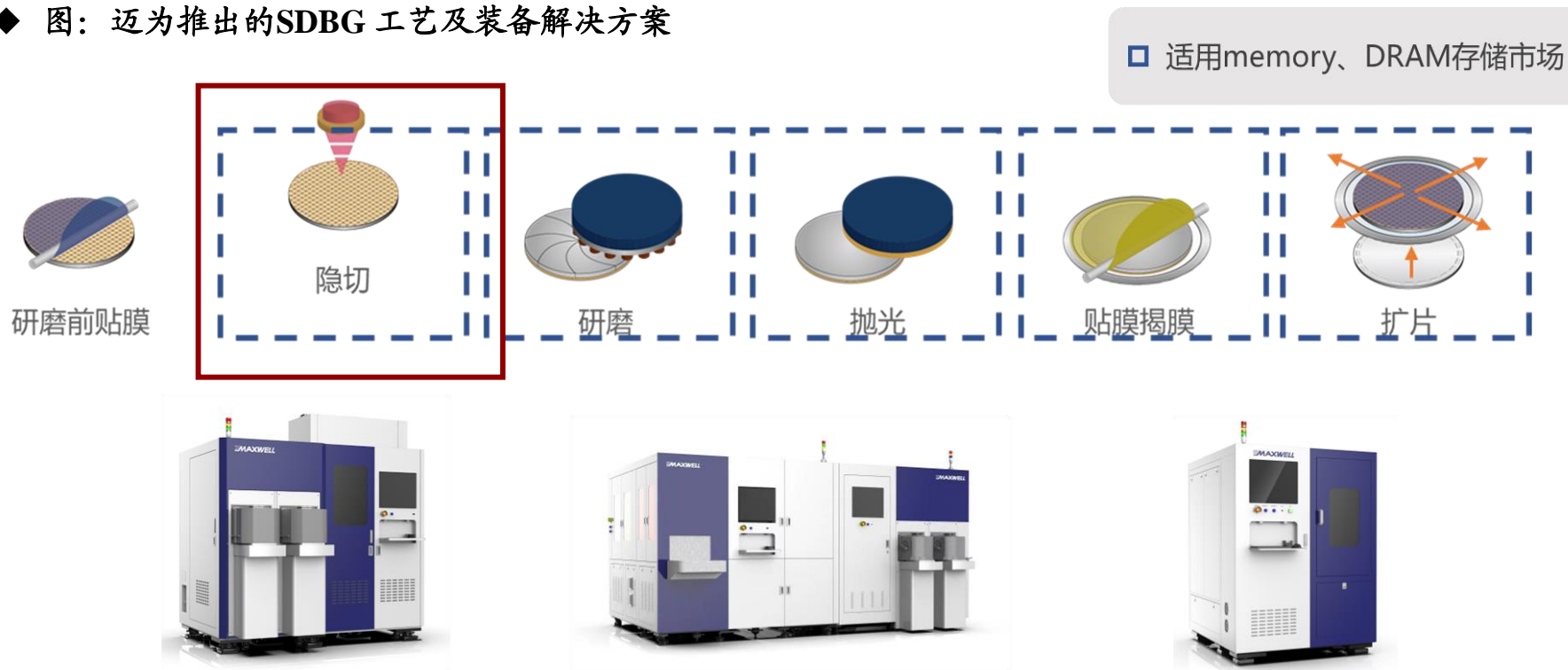
结合剂：  树脂  陶瓷

应用领域	树脂	陶瓷
Si	RS3, VSE, RSP	VST, VSP
SiC	VCTA, VCTP	
GaN	RG3TA, RG3TB	
LED	VLTA, VLTC	
蓝宝石	VM3, VME, VM7	

## 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切割磨抛全线工艺解决方案

- 迈为是国内第一家提供**研磨前的隐形切割SDBG**（Stealth Dicing Before Grinding）整体解决方案服务商，适用memory、DRAM存储市场，进入量产阶段，获得国内龙头企业验证和认可，如华天、宏茂微、记忆科技、星科金朋等典型企业。
- SDBG工艺是在**隐形切割加工后再进行背面研磨**的工艺技术，可实现薄型芯片的切割道狭窄化以及抗折强度的提升。经由与分离扩片机（DDS Series）的组合运用，可将薄型芯片积层时作为接合材料所使用的DAF(Die Attach Film)高品质分割。

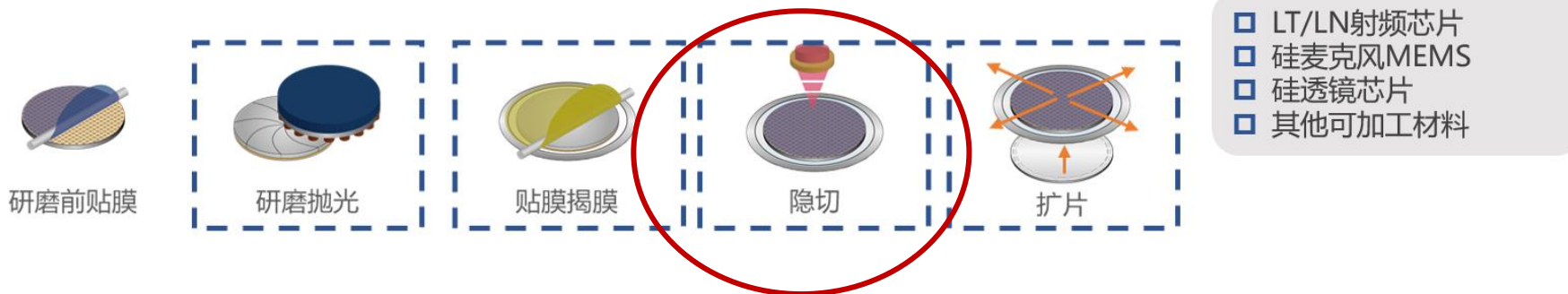
◆ 图：迈为推出的SDBG 工艺及装备解决方案



## 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切磨抛全线工艺解决方案

- 迈为提供SDAG（Stealth Dicing After Grinding）工艺及装备解决方案，适用LT/TN射频芯片、硅麦克风、硅透镜芯片等市场，下游客户如北京赛微、华兴光电等。
- SDAG和SDBG的区别在于在研磨抛光之前切还是之后切割。

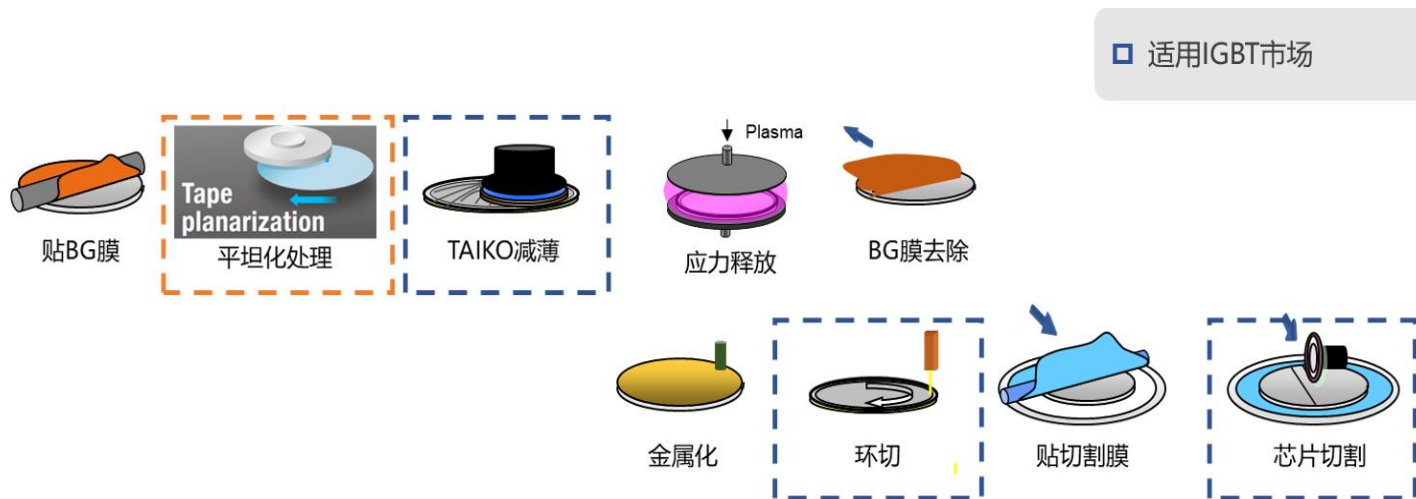
◆ 图：迈为推出的SDAG 工艺及装备解决方案



## 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切磨抛全线工艺解决方案

- 迈为提供TAIKO工艺及装备解决方案，适用IGBT市场，下游客户包括比亚迪、绍兴集成电路、捷捷微等。TAIKO工艺和以往的背面研削不同，在对晶圆进行研削时，将保留晶圆外围边缘部分（约3mm左右），只对圆内进行研削薄型化的技术，优势在于通过在晶片外围留边来减少晶片翘曲、提高晶片强度，晶片使用更方便，薄型化后的通孔插装、配置接线头等加工更方便。

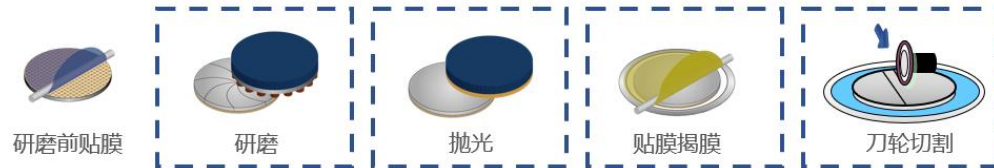
◆ 图：迈为推出的TAIKO工艺及装备解决方案



## 4.1 减薄机：迈为股份聚焦切磨抛全线工艺解决方案

- 迈为DBAG解决方案及设备在国内市场获得广泛推广，如长电、新德、绍兴长电等，适用传统切割，可用于绝大多数产品。
- **DBG(Dicing Before Grinding)**工艺利用研削来分割芯片，故能够降低背面崩裂，并能因此提高芯片抗折强度。另外，因为是在研削结束阶段分割成芯片，所以有望在加工薄形芯片时减小晶片破损的风险。今后如能在这种DBG工艺中采用DAF(Die Attach Film)的话，也有可能SiP (System in Package) 等薄型芯片的叠层封装制造方面全面采用DBG工艺。

◆ 图：迈为推出的DBAG 工艺及装备解决方案



传统切割，可适配性绝大多数产品



## 4.1 减薄机：华海清科推出减薄抛光一体机，已出货头部客户

- 华海清科主营CMP设备、减薄设备、供液系统等，打造了“装备+服务”的平台化战略布局。核心团队来自半导体行业专业人才，公司主要产品及服务已广泛应用于集成电路、先进封装、大硅片、第三代半导体、MEMS、Micro LED等制造工艺。
- 公司Versatile-GP300减薄机是根据当前3D IC制造、先进封装等高端市场需求开发的先进12英寸超精密晶圆减薄设备，是业内首次实现12英寸晶圆超精密磨削和CMP全局平坦化的有机整合集成设备，自主研发的超精密晶圆磨削系统稳定实现12英寸晶圆片内磨削TTV < 1 $\mu$ m，达到了国内领先和国际先进水平。华海清科创新开发的CMP多区压力智能控制系统，突破传统减薄机的精度限制，实现了减薄工艺全过程的稳定可控。2023年5月华海清科Versatile-GP300 量产机台出机发往集成电路龙头企业，产业化取得重要突破。

◆ 图：华海清科的Versatile-GP300



◆ 图：华海清科的Versatile-GM300





- 新益昌为LED/MiniLED固晶机龙头，半导体先进封装固晶机已成为公司第二增长曲线，半导体领域成熟产品仍以IC框架类为主，如DFN/QFN、SOP系列等传统封装。如HAD810全自动平面固晶机具有直线电机驱动的双点胶系统，高精度直线驱动固晶绑头，音圈扭力环控制固晶压力。配备高精度搜寻芯片平台，伺服电机驱动芯片角度矫正系统，配备自动扩膜系统。设备采用点胶独立控制系统，胶量控制更加精确，采用工控机控制设备运行，简化了自动化设备的操作，精准的自动化设备为企业提高生产效率，降低成本提供了有效保障，从而切实有效地提高了企业竞争力。

◆ 图：新益昌HAD810全自动平面固晶机



◆ 图：新益昌HAD812全自动半导体平面式高速固晶机



## 4.2 固晶机：快克智能为精密焊接龙头，开拓半导体封装第二曲线

- 快克智能主营精密电子组装半导体封装检测领域提供智能装备解决方案。随着IGBT多功能固晶机、甲酸焊接炉及固晶键合AOI的开发成功，已形成率半导体封装成套解决方案的能力。2023年快克智能总投资10亿元拟在常州市建半导体封装设备研发及制造项目。
- 快克智能进军泛半导体与先进封装，精密焊接和半导体封装固晶键合工艺技术具有相通性，特别是固晶工艺段，所用设备和公司在3C领域用到的焊接设备相似，公司从3C设备转向半导体设备在焊接技术以及自动化能力上一脉相承。快克智能高速固晶机具有高速、高精度，可配置多种点胶方式，自动芯片环上下料，可配置多种芯片上料方式的特性。

◆ 图：快客智能高速固晶机



## 4.3 划片机：光力科技收购ADT布局刀轮切&关键零部件

- 光力科技自2016年开始进入高端半导体封测装备领域，通过实现并购以色列ADT（全球第三大半导体划片设备商）切入刀轮划片市场。其中8230型号全自动双轴切割划片机性能处于国际一流水平，已经进入头部封测企业并形成批量销售，成功实现高端切割划片设备的国产替代。
- 当前主要产品有划片机、切割周边设备、刀片及配件、空气主轴。划片机生产分为单轴划片机、双轴划片机、半自动划片机、全自动划片机四类。公司研发生产的划片切割机可广泛应用在各类半导体产品的封装过程中，现已成为国产高端划片切割机第一品牌。

◆ 图：单轴划片机

6英寸单轴半自动划片机

6110



◆ 图：双轴划片机

12英寸双轴全自动划片机

8230



◆ 图：半自动化划片机

12英寸双轴半自动划片机

6231



◆ 图：全自动划片机

12英寸双轴全自动划片机

8230



- 德龙激光主营业务为高端工业应用精密激光加工设备及其核心器件激光器的研发、生产和销售。目前，公司产品批量应用于碳化硅、氮化镓等第三代半导体材料晶圆划片、MEMS芯片的切割、Mini LED以及5G天线等的切割、加工等。
- 公司主要产品包括激光开槽、改质切割、隐形切割等，覆盖一二三代半导体。激光切割设备中的碳化硅激光切片设备用于碳化硅晶锭/片的激光切片加工，材料损耗小，加工效率高，加工成本低，碳化硅晶圆激光切割设备应用于航天航空、电力电子等行业微波器件，功率器件的晶圆片的切割，切割速度快，切割效果好，良率高，ATM10全自动激光切割设备可用于半导体封装后的SIP产品打标、挖槽、切割（半切/全切）。

◆ 图：碳化硅晶锭切片设备



◆ 图：碳化硅晶圆激光切割设备



◆ 图：ATM10全自动激光切割设备



- 大族激光布局激光切、刀轮切、激光解键合等。（1）全自动晶圆激光开槽设备：应用于Lowk晶圆、GaN晶圆、非lowk晶圆，加工精度 $\leq \pm 3\mu\text{m}$ ；（2）全自动激光全切设备：应用于晶圆表切、半切、全切三种分离制程；（3）12英寸双轴全自动刀轮切割设备：适用于硅、陶瓷、玻璃、砷化镓、磷化铟、环氧树脂等材料切割。

◆ 图：大族激光半导体设备布局



主要设备		
激光解键合	AOI检测设备	裂片
激光开槽 金属、氮化镓	激光打孔 玻璃打孔 陶瓷打孔	激光打标 IC打标 晶圆打标
激光内部改质 硅MEMS 碳化硅 钽酸锂	激光切割 激光表切、全切 Molded WLP切割 刀轮切割	刀轮切割

## 4.4 键合机：奥特维已推出铝线键合机，积极布局先进封装

- 半导体键合机获德力芯、通富微电、华润、中芯订单。公司2018年立项研发半导体键合机，2020年键合机完成公司内验证，并在2021年年初开始在客户端试用。2021年11月29日获无锡德力芯首批铝线键合机订单；2022年4月6日获通富微电批量键合机订单，一是实现了奥特维半导体键合机业务数量上的突破，公司由小批量供货实现批量供货，二是意味着奥特维正式进入通富微电等头部封测厂的供应体系；2022年12月2日获吉光半导体（系绍兴中芯集成全资子公司）批量IGBT键合机订单。
- **B301A/AS-WBA60/B301C铝丝键合机**为大功率晶体管（包括汽车电子及家电行业）提供稳定性强、速度快、效率高的键合方案，兼容铝线、铝带工艺，适用多应用场景产品，如TO系列，IPM，IGBT等；**B305A混合模块键合机**是一款集多功能、高稳定性的楔形焊键合设备，为车规级模块及工业模块提供高效、高良率的键合设备，兼容铝线、铝带工艺，适用IGBT、激光模块、车用充电模块等场景。

◆ 图：B301A/AS-WBA60/B301C铝丝键合机



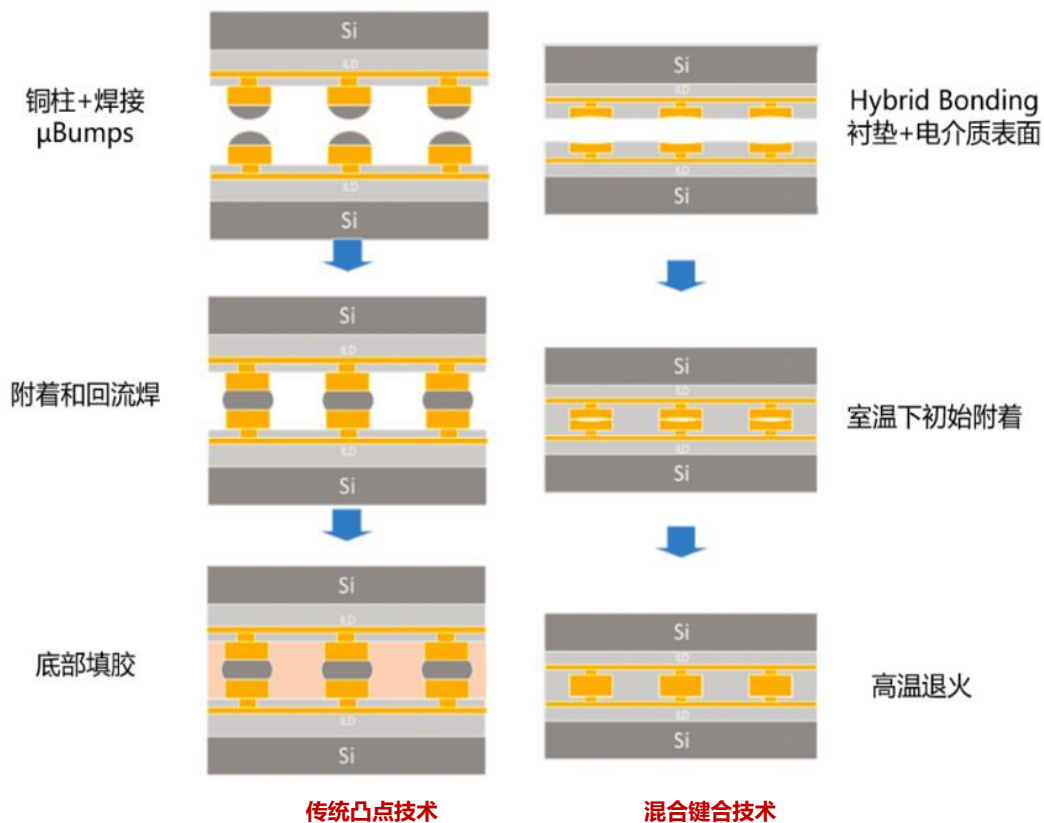
◆ 图：B305A混合模块键合机



## 4.4 键合机：拓荆科技为薄膜沉积设备龙头，积极布局混合键合设备

- 拓荆科技目前研制了两款混合键合设备，晶圆对晶圆键合产品（Dione 300）和芯片对晶圆键合表面预处理产品（Pollux），这两款设备均已出货至客户端进行验证。公司目前晶圆对晶圆键合产品（Dione 300）已实现量产并获得复购订单。目前以混合键合设备为代表的三维集成领域专用设备尚处于产品导入期，业界目前已经在存储器、图像传感器和逻辑芯片领域初步实现产业化。随着“后摩尔时代”的来临，三维集成领域将进入成长期，混合键合设备作为关键设备，细分市场届时也将迎来增长，公司正在提前布局该领域的产品研发。

◆ 图：混合键合示意图



- 芯源微的临时键合机、解键合机均已进入客户验证阶段。公司在新产品拓展方面取得良好进展，其中，后道涂胶显影机可应用于chiplet等领域的新产品；临时键合机、解键合机也实现国内多家客户订单导入。

◆ 图：芯源微在先进封装领域客户资源优质





## 4.4 键合机：迈为股份布局临时键合、解键合、混合键合等

- 迈为键合设备服务先进封装，对标国际龙头企业EVG、Besi等，关键技术均已获得突破和验证，获得国内龙头企业的广泛关注。有多家客户在对接，是国内第一家做到国内正负100nm精度的公司，接下来的目标是正负50nm；对标国际龙头EVG和Besi，多台设备已经进入打样阶段；键合机最难的部分是对准，需要在正负100nm或者50nm之内。

### ◆ 图：迈为推出的键合加工设备



## 4.5.电镀机：盛美上海积极推动国产电镀机技术发展

- 盛美上海先进封装电镀设备可应用于多通道先进封装的关键电镀步骤，包括pillar, bump和 RDL，也可运用于fan-out, TSV (Through Silicon Via)和TMV (Through Molding Via)工艺。例如Ultra ECP map装备了盛美世界领先并且独家拥有知识产权的多阳极局部电镀技术。
- 在后道先进封装设备领域，盛美上海产品还布局了涂胶设备、显影设备、湿法刻蚀设备、湿法去胶设备、金属剥离设备、无应力抛光先进封装平坦化设备等。

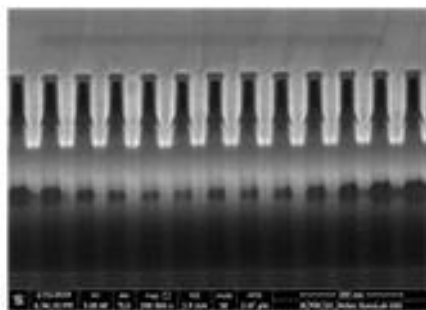
### ◆ 图：盛美上海发明多阳极局部电镀设备

多阳极电镀技术:(采用精确可控电源分别接通各个阳极，实现局部电镀)

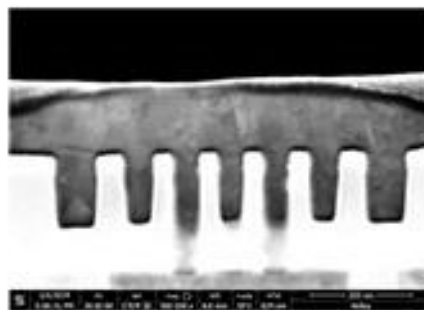


Ultra ECP map

电镀效果图



40nm Post ECP M2V1 SEM



28nm Post ECP M2V1 STEM

## 4.6. 塑封机：耐科装备为国产塑封装备龙头，积极布局先进封装

- 耐科装备是为数不多的半导体全自动塑料封装设备及模具国产品牌供应商之一，经过多年发展，耐科装备与国际一流品牌同类产品的差距正逐渐缩小。最大合模压力、最大注塑压力、注塑分段数、注塑速度、生产效率（机械时间machinetime）、设备运行稳定性（MTBA、MTBF）、塑封体相对于LF偏位量、塑封后金丝弯曲度等关键指标，已接近或达到日本TOWA、YAMADA等国际主流半导体封装设备供应商水平，同时形成了多项独创技术。
- 公司塑封产品已广泛应用于DIP、SOP、SOT、QFP等封装，以及SiP、BGA、DFN、QFN、FC等先进封装领域，尚不具备板级、晶圆级封装能力，仍处于研发阶段。2022年公司IPO募投加码“先进封装设备研发中心项目”，重点投向晶圆级封装设备研发。

◆ 图：耐科装备研发的120/180吨全自动封装系统



## 4.6. 塑封机：文一科技积极开发扇外型晶圆级塑封方案

- 文一科技主营业务产品包括半导体集成电路封装测试设备、模具、压机、芯片封装及测试品、其他设备等。引进了国际先进的全套半导体封装设备专用技术和全套生产线，负责塑封机生产的为其全资子公司-铜陵富仕三佳机器有限公司，主要产品有FSTM250/300/350/450（伺服型）塑封压机；FSAM120T/170T系列自动封系统。目前公司重点开发扇外型晶圆级液体塑封系统自动化方案。

◆ 图：富仕三佳-FSTM350-7HS伺服塑封压机



◆ 图：富仕三佳-120T全自动封装系统





1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

6 风险提示

---

## 5. 投资建议

- 重点推荐晶盛机电（减薄机）、拓荆科技（键合机）、盛美上海（电镀机）、迈为股份（切磨抛+键合机）、华海清科（研磨机）、奥特维（键合机）、大族激光（切片机）、芯源微（键合机）、德龙激光（切片机）。建议关注新益昌（固晶机）、光力科技（切片机）、快克智能（固晶机）、文一科技（塑封机）、耐科装备（塑封机）等。

◆ 图：可比公司估值（截至2024.4.12收盘价）

		股价	市值	归母净利润（亿元）			PE		
		（元）	（亿元）	2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
300316.SZ	晶盛机电	32	414	47.0	58.1	70.1	9	7	6
688072.SH	拓荆科技	171	322	5.1	8.1	11.7	63	40	27
688082.SH	盛美上海	79	344	9.5	12.4	15.5	36	28	22
300751.SZ	迈为股份	107	297	10.8	19.6	30.4	27	15	10
688120.SH	华海清科	159	253	7.6	10.9	13.9	33	23	18
688516.SH	奥特维	108	242	12.1	18.4	23.5	20	13	10
002008.SZ	大族激光	18	192	14.0	19.4	25.2	14	10	8
688037.SH	芯源微	93	129	3.1	4.0	5.8	41	32	22
688383.SH	新益昌	63	64	0.60	2.65	3.4	106	24	19
300480.SZ	光力科技	16	56	0.70	1.34	1.77	80	42	32
603203.SH	快克智能	20	49	2.07	2.99	3.98	24	17	12
600520.SH	文一科技	19	30	0.30	2.05	3.23	100	15	9
688170.SH	德龙激光	25	26	0.8	1.4	2.1	32	18	12
	平均	-	-	-	-		45	22	16

注：晶盛机电、拓荆科技、盛美上海、迈为股份、华海清科、奥特维、大族激光、芯源微、德龙激光采用东吴预测，其余为wind一致预期



1 半导体封装概览：后摩尔时代渐进，先进封装快速发展

---

2 传统&先进封装设备有一定重合（减薄/划片/固晶/键合），增量主要在于前道图形化设备

---

3 他山之石可以攻玉，海外龙头经验借鉴

---

4 本土重点公司

---

5 投资建议

---

6 风险提示

---

- 1、封装设备需求不及预期：**封装测试企业及晶圆厂的资本开支，决定封装设备的市场需求。2024 年全球半导体市场景气度复苏存在不确定性，可能导致封装设备需求不及预期，拖累相关公司业绩。
- 2、封装设备技术研发不及预期：**封装设备，尤其是先进封装设备存在较高的技术和验证壁垒，需要下游封测厂商与晶圆厂密切配合，新产品的研发进度存在不确定性；若研发验证或客户导入进度慢，可能会对相关公司的业绩造成不利影响。
- 3、行业竞争加剧：**有多家国内企业从事封装设备的研发与生产工作，若行业竞争加剧，封装设备的毛利率水平可能下滑，影响企业盈利能力。



# 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证50指数），具体如下：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街5号  
邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

# 东吴证券 财富家园